**COPEL DISTRIBUIÇÃO**

**SED - SUPERINTENDÊNCIA DE ENGENHARIA DE DISTRIBUIÇÃO**

**DOMD – DEPARTAMENTO DE OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E DESEMPENHO DO SISTEMA**

# MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS

**PASTA: INSTRUMENTOS, FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS DE TRABALHO**

**TÍTULO : Manutenção de Ferramentas e Equipamentos de Distribuição**

**MÓDULO : Procedimentos de Ensaios de Ferramentas e Equipamentos de Linha Viva**

Órgão emissor : **SED / DOMD** Número**: 161703**

REVISÃO: OUTUBRO DE 2006
REVISÃO: DEZEMBRO DE 2007
ESTE MIT SUBSTITUI OS MIT'S 161703 161704

# ÍNDICE


**1. INTRODUÇÃO ..... 5**

**2. OBJETIVO ..... 5**

**3. PERIODICIDADE DE ENSAIOS ..... 5**

**4. CUIDADOS ESPECIAIS ..... 6**

**5. PROCEDIMENTOS PRELIMINARES ..... 6**

5.1. LIMPEZA DO MATERIAL ..... 6
5.2. LIMPEZA DO EQUIPAMENTO DE ENSAIO ..... 7
5.3. LIMPEZA DO EQUIPAMENTO ADICIONAL ..... 7
5.4. AMBIENTE DE ENSAIO ..... 7

**6. ENSAIOS EM COBERTURAS PLÁSTICAS ..... 7**

6.1. COBERTURA DE CONDUTOR E COBERTURA DE CONEXÕES ..... 8
6.2. COBERTURA DE ESTRUTURAS ..... 8
6.3. TERMINOLOGIA ..... 8
6.4. SIGNIFICADO E USO ..... 8
6.5. CLASSIFICAÇÃO ..... 9
6.6. ENSAIOS ELÉTRICOS ..... 9
6.7. TESTES ..... 9
6.8. ARRANJOS DE ENSAIO ..... 11
*6.8.1. Coberturas de condutor ..... 11*
*6.8.2. Sugestão de confecção de eletrodos ..... 12*
6.9. ENSAIOS EM COBERTURAS PARA POSTE E CRUZETAS ..... 14
*6.9.1. Sugestão para a confecção dos eletrodos ..... 14*
*6.9.2. Ensaio de Tensão Aplicada ..... 16*

**7. ENSAIOS DE LUVAS ISOLANTE ..... 17**

7.1. IDENTIFICAÇÃO DA LUVA ..... 17
7.2. CONDIÇÕES DO ENSAIO ..... 17
7.3. EXECUÇÃO DO ENSAIO ..... 18
7.4. RESULTADOS ..... 19
7.5. PERIODICIDADE ..... 19
7.6. OBSERVAÇÕES GERAIS ..... 19

**8. ENSAIOS EM LENÇÓIS ISOLANTES ..... 20**

8.1. MODELOS DE LENÇÓIS ISOLANTES ..... 20
*8.1.1. Lençóis inteiriços ..... 20*
*8.1.2. Lençóis bipartidos ..... 22*
8.2. ENSAIOS ELÉTRICOS ..... 24
8.3. SUGESTÃO DE ARRANJOS PARA ENSAIOS EM LENÇÓIS ..... 24
*8.3.1. Sugestão de eletrodos para lençóis ..... 26*
8.3.1.1. Lençóis Inteiriços ..... 27
8.3.1.2. Lençóis bi-partido ..... 28
8.4. PROCEDIMENTOS PARA O ENSAIO ..... 28

**9. ENSAIO DE BASTÕES DE MANOBRA ..... 30**

9.1. ENSAIO DE TENSÃO APLICADA EM VARA DE MANOBRA ..... 37
9.2. ENSAIO EM VARA DE MANOBRA TELESCÓPICA ..... 38

**10. ENSAIOS EM CORDAS ISOLANTES ..... 40**

**11. ENSAIOS EM ESTROPOS ..... 43**

**12. ENSAIOS EM LINER ..... 44**

**13. ENSAIOS EM BY-PASS ..... 45**

**14. ENSAIOS EM FERRAMENTAS PARA ELETRICISTA ..... 46**

**15. ENSAIOS EM MANGAS ISOLANTES ..... 47**

15.1. INTRODUÇÃO ..... 47
15.2. ENSAIO ELÉTRICO DE ROTINA ..... 47
15.3. CONDIÇÕES DE ENSAIO ..... 48
15.4. MONTAGEM INVERTIDA (TENSÕES ATÉ 10KV CA OU 50KV CC) ..... 48
15.5. MONTAGEM EM U (TENSÕES ATÉ 10KV CA OU 50KV CC) ..... 49
15.6. MONTAGEM RETA (TODAS AS TENSÕES) ..... 49
15.7. EXECUÇÃO DO ENSAIO ..... 50
15.8. ENSAIO COM MANGA RETA USANDO ESFERAS DE ALUMÍNIO COMO ELETRODOS ..... 51
15.9. ENSAIO COM MANGA RETA USANDO ELETRODOS DE ESPONJA OU FELTRO ..... 54
15.10. ENSAIO COM MANGA RETA E FLUÍDO DIELÉTRICO MAIS DENSO QUE A ÁGUA ..... 56

**16. ENSAIO EM CALÇADO DE ELETRICISTA ..... 57**

**17. ENSAIOS EM CAMINHÕES DE LINHA VIVA ..... 59**

17.1. DISPOSIÇÕES PRELIMINARES ..... 59
*17.1.1. Objetivo ..... 59*
*17.1.2. Âmbito de Aplicação ..... 59*
*17.1.3. Generalidades ..... 59*
17.2. ENSAIO DE TENSÃO APLICADA ..... 59
*17.2.1. Introdução ..... 59*
17.2.1.1. Categorias ..... 60
17.2.1.2. Sistema de Eletrodos de Ensaio Inferior ..... 60
17.2.1.3. Sistema de Isolamento do Chassi ..... 60
*17.2.2 Ensaio de Tensão Aplicada ..... 60*
17.2.2.1. Ensaio em Laboratório ou em Oficina ..... 61
17.2.2.1.1. Ensaio na Haste Isolante ..... 61
17.3. PREPARAÇÃO DO CAMINHÃO PARA ENSAIO ..... 69
*17.3.1. Caminhão ..... 69*
*17.3.2. Haste Isolante ..... 69*
*17.3.3. Chassi do Caminhão ..... 72*
*17.3.4. Amperímetro ..... 72*
17.4. VALORES DE TENSÃO E CORRENTE DE ENSAIO ..... 72
*17.4.1. Ensaio com Tensão Alternada ..... 72*
*17.4.2. Ensaio com Tensão Contínua ..... 73*
17.4.2.1. Ensaio no Sistema de Isolamento de Chassi ..... 74
17.4.2.2. Ensaio na Cuba Isolante ..... 76
*17.4.3. Ensaio em Campo ..... 76*
17.4.3.1. Caminhões das Categorias A e B ..... 77
17.4.3.2. Caminhões da Categoria A, B e C ..... 77
17.5. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS ..... 77
*17.5.1. Ensaio de Isolamento com Megaohmímetro ..... 77*
*17.5.2. Fator de Potência do Isolamento ..... 78*

17.6. ENSAIOS PRELIMINARES ..... 78
*17.6.1. Serão mantidos os ensaios de isolamento com megaohmímetro e com fator de potência* ..... *78*
*17.6.2. Materiais Necessários* ..... *79*
17.6.2.1. Instrumentos de Ensaio ..... 79
17.6.2.2. Ferramentas ..... 79
17.6.2.3. Diversos ..... 79
*17.6.3. Segurança* ..... *79*
17.6.3.1. Pessoal ..... 79
17.6.3.2. Instrumentos de Ensaio ..... 80
*17.6.4. Pessoal Necessário* ..... *80*
*17.6.5. Duração dos Ensaios* ..... *80*
17.6.5.1. Limpeza da haste e divisão em setores ..... 80
17.6.5.2. Ensaio de isolamento com megaohmímetro ..... 80
17.6.5.3. Ensaio de fator de potência do isolamento ..... 80
17.6.5.4. Ensaio no dispositivo de segurança ..... 80
17.6.5.5. Ensaio de isolamento superficial de caçamba interna ..... 80
17.6.5.6. Ensaio de isolamento principal da caçamba interna ..... 80
17.7. PROCEDIMENTOS E CRITÉRIOS ..... 80
*17.7.1. Considerações* ..... *81*
*17.7.2. Preparativos Iniciais* ..... *81*
*17.7.3. Procedimentos de ensaios* ..... *82*
17.7.3.1 Ensaio de isolamento com Megaohmímetro ..... 82
*17.7.4. Fator de Potência do Isolamento* ..... *84*
17.8. INFORMATIVO ..... 86
17.9. FORMULARIO-HEI - RIGIDEZ DIELÉTRICA – ISOLAMENTO - FATOR DE POTÊNCIA - TENSÃO CC ..... 87
17.10. FORMULÁRIO–HEI - TENSÃO APLICADA ..... 88
17.11. CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS ..... 89

**18. ANEXOS ..... 90**

18.1. FOTOGRAFIAS DA MONTAGEM DE ARRANJOS DE ENSAIOS ..... 90
18.2. FICHA CONTROLE DE EQUIPAMENTOS EM TESTE ..... 108
18.3. FERRAMENTAS, EQUIPAMENTOS E UNIFORME DE USO INDIVIDUAL ..... 109
18.4. FERRAMENTAS, EQUIPAMENTOS E UNIFORME DE USO COLETIVO ..... 110
18.5. DIAGRAMA ELÉTRICO PARA ENSAIO COM AQUISIÇÃO AUTOMÁTICA DE DADOS ..... 115
18.6. REFÊRENCIAS ..... 116
18.7. PARTICIPANTES DA ELABORAÇÃO DESTE MANUAL ..... 118


**NOTA IMPORTANTE**

**Tendo em vista nossa política de melhorias contínuas, reservamo-nos o direito de alterar as informações constantes desta documentação, sem prévio aviso.**

**As recomendações desta manual não invalidam qualquer código que sobre o assunto estiver em vigor ou for criado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT ou outros órgãos competentes. Todavia, em qualquer ponto onde porventura surgirem divergências entre este manual e os mencionados códigos, prevalecerão as exigências mínimas aqui estabelecidas.**

## 1. INTRODUÇÃO

As regulamentações internas de cada concessionária devem constantemente ser revistas e comparadas com as normalizações nacionais e estrangeiras vigentes. Dentro da concessionária é fundamental que todos os ensaios realizados em ferramentas de linha viva sejam reprodutíveis.
Para a criação de um banco de dados de ferramentas de linha viva confiável é fundamental que os ensaios realizados em todas as regionais da concessionária sigam uma padronização. Esta padronização passa pela utilização dos mesmos arranjos de ensaio, bem como pela aferição e calibração dos equipamentos de medida e HIPOT.
Outro detalhe extremamente importante para a criação do banco de dados é o ensaiador de ferramentas de linha viva exercer a menor influência possível sobre os ensaios por meio de arranjos de ensaio padronizados e procedimentos regulamentados.
Com a criação de um banco de dados de ferramentas de linha viva, a COPEL passará a acompanhar o histórico de cada ferramenta ensaiada, bem como seu desempenho em campo. Dados de tensão aplicada e corrente elétrica de fuga durante a elevação da tensão, fornecem uma curva que pode auxiliar a determinação do tempo de vida da ferramenta. O banco de dados com nome dos fabricantes poderá ser usado pelas áreas de especificação e compras da COPEL, para qualificar os melhores fornecedores e fabricantes de ferramentas de linha viva, reduzindo prejuízos com ferramental inadequado e desqualificado.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste manual é estabelecer as metodologias, arranjos e geometrias de ensaios dos ferramentais para trabalhos com redes elétricas de distribuição energizadas em tensões de até 34,5 kV.
Todas as metodologias de ensaios descritas foram consolidadas nos laboratórios de ensaios do LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento.

## 3. PERIODICIDADE DE ENSAIOS

A periodicidade recomendada de ensaios é de no máximo seis meses para luvas isolantes em uso e o primeiro gomo das varas de manobras convencionais e telescópicas em uso, podendo ser reduzida dependendo das características de trabalho, tipo de utilização ou outro motivo que possa implicar em deterioração anormal.
As luvas isolantes novas devem ser sempre ensaiadas antes de colocada em uso e os valores da corrente de fuga registrados como dados iniciais importantes para futuras avaliações.
Para os demais ferramentais e equipamentos de linha viva a periodicidade de ensaios recomendada é de no máximo um ano.

## 4. CUIDADOS ESPECIAIS

Em virtude dos ensaios serem realizados em alta tensão, devem ser observados todos os cuidados possíveis referentes a segurança pessoal, como segue:

a) Os testes devem ser realizados em área com boa ventilação;
b) Delimitar a área de risco de modo a evitar a aproximação de pessoas (especialmente crianças) ou animais;
c) Manter o afastamento mínimo de objetos não envolvidos nos testes;
d) Sinalizar adequadamente a área de risco com todos os meios possíveis (placas, luzes, sirenes, etc.) visando o afastamento de pessoas inadvertidas;
e) A área escolhida para os ensaios não deve estar sujeita a interferência de eventuais campos elétricos ou magnéticos que possam afetar os resultados dos ensaios;
f) A aparelhagem de teste deve ser devidamente aterrada, assim como todos os objetos metálicos próximos envolvidos nos testes (bancadas, caixas, mesas, grades, cubas, etc.);
g) Todas as conexões de aterramento devem ser firmemente fixadas, com bom contato e periodicamente inspecionadas;
h) Sempre que possível devem ser instaladas proteções automáticas visando a segurança do pessoal;
i) Caso os ensaios sejam realizados em locais de pouca ventilação, devem ser observados os níveis admissíveis de concentração de ozônio;
j) Após a execução de cada ensaio, o circuito de AT deve ser devidamente aterrado antes de qualquer manipulação, sendo recomendável a utilização de luvas de borracha classe 2 (20 kV).

Observações:

a) Ao operador cabe a responsabilidade de observar todos os cuidados necessários para o seguro e correto desenvolvimento dos ensaios.
b) É recomendável manter a distância mínima de 60 cm entre a alta tensão (AT) e quaisquer outros objetos (piso, grades, paredes, etc.).

## 5. PROCEDIMENTOS PRELIMINARES

Antes que o ensaio seja executado devem ser observados alguns cuidados quanto a preparação do material a ser ensaiado, assim como o equipamento de ensaio

### 5.1. LIMPEZA DO MATERIAL

O ensaio objetiva caracterizar a condição dielétrica do material considerando, quando possível, a comparação com valores obtidos em ensaios anteriores, o que significa que a amostra não deve representar contaminações diferenciais que possam falsear a análise. Portanto, a limpeza é imprescindível em todas as amostras a serem ensaiadas de forma integral visando a mesma situação do material.

A limpeza pode ser um agente contaminante se não for feita de forma correta. Conseqüentemente, luvas, mangas, lençóis, coberturas e superfícies isoladas dos cabos devem ser limpos integralmente com água e sabão neutro com auxílio de esponja de nylon. Não devem ser utilizadas escovas com pelos duros, esponjas de aço ou lixas, pois podem danificar o material.
Os solventes químicos não devem ser usados na limpeza de materiais do tipo plástico ou borracha. Para a limpeza de materiais de fibra de vidro podem ser utilizados benzina ou acetona. Finalmente, a amostra só estará pronta para o teste após limpa adequadamente (e seca se for o caso).

### 5.2. LIMPEZA DO EQUIPAMENTO DE ENSAIO

O equipamento de teste deve ser mantido sempre limpo e seco, preservando sua integridade operacional.
É recomendável, quando fora de operação, a utilização de coberturas de modo a evitar o acúmulo de poeira e umidade.
Antes do início dos ensaios propriamente ditos devem ser verificadas as condições operacionais adequadas do aparelho conforme as recomendações anteriores e dos respectivos fabricantes.

### 5.3. LIMPEZA DO EQUIPAMENTO ADICIONAL

Para efeito de se manter a mesma qualidade dos testes executados, todos os equipamentos adicionais devem ser mantidos limpos, tais como: cubas, cabos e conexões, prendedores, eletrodos para coberturas, eletrodos para lençóis, suportes isolados, etc..

### 5.4. AMBIENTE DE ENSAIO

O ambiente de ensaio deve ser conservado sempre limpo e seco, livre de contaminação atmosférica, como por exemplo: partículas em suspensão, poeira, etc.
A rigor, é recomendável que o ensaio seja executado sempre com a umidade relativa do ar inferior a 70% e a temperatura ambiente de 20º a 25º para que se possa comparar o dielétrico sob teste, as condições ideais, com o resultado do teste anterior.
Portanto, é de se esperar variações nos resultados dos ensaios em razão de ambientes diferentes ( incluindo a altitude do local).

## 6. ENSAIOS EM COBERTURAS PLÁSTICAS

Esta padronização se aplica as coberturas do tipo, circulares, tubos, placas etc, confeccionados em material plástico, usado pelos eletricistas para cobrir temporariamente partes energizadas.

As coberturas plásticas devem ser consideradas como ferramentas que protegem o eletricista do contato eventual para as tensões cobertas pela classe de isolamento de cada ferramenta.
São típicas coberturas de plástico:

## 6.1. COBERTURA DE CONDUTOR E COBERTURA DE CONEXÕES

6.1.1. Coberturas de condutores
6.1.2. Coberturas de conectores ou conexões
6.1.3. Coberturas de isoladores
6.1.4. Coberturas de ancoragem
6.1.5. Coberturas de barramentos

## 6.2. COBERTURA DE ESTRUTURAS

6.2.1. Coberturas de poste
6.2.2. Coberturas de pontas de pinos
6.2.3. Coberturas de lâminas de chaves
6.2.4. Coberturas de guardas de rearme
6.2.5. Coberturas de cruzamentos

## 6.3. TERMINOLOGIA

6.3.1. Descrição dos termos da recomendação.
6.3.1.1. Coberturas plásticas isolantes: dispositivos usados para isolamento temporário de estruturas energizadas ou circuitos elétricos, para a proteção de pessoal ou equipamento, ou ambos.
6.3.1.2. Auto extinção: refere-se à propriedade do material plástico cessar o processo de combustão, desde que retirada à fonte que provoca a combustão.

## 6.4. SIGNIFICADO E USO

6.4.1. Essa especificação cobre as mínimas condições elétricas, físicas e químicas necessárias no projeto de confecção.
6.4.2. Equipamentos de cobertura plástica devem ser usados somente para evitar o contato acidental do trabalhador com as partes energizadas. A margem de segurança deve ser feita entre a máxima tensão para a qual elas são usadas e testadas. Essa relação pode ser vista na tabela 1. O equipamento é projetado somente para exposição entre fase-terra e fase-fase.

## 6.5. CLASSIFICAÇÃO

6.5.1. Coberturas são divididas em três grupos de materiais especificados segundo a seção 6.
6.5.1.1. Tipo I: Coberturas construídas de material plástico, tendo propriedades mecânicas aceitáveis para trabalho em dias frios.
6.5.1.2. Tipo II: Coberturas com propriedade de auto extinção.
6.5.1.3. Tipo III: Possuem as propriedades das coberturas de tipo I e tipo II simultaneamente.
6.5.2. As coberturas são fabricadas em 3 graus de acordo com a forma de instalação:
6.5.2.1. Grau 1 – Coberturas que possuem sistema para instalação com prolongadores de mão.
6.5.2.2. Grau 2 – Mesma situação do grau 1, porém com sistema de instalação removível.
6.5.2.3. Grau 3 - A instalação é feita à mão.

## 6.6. ENSAIOS ELÉTRICOS

Os ensaios elétricos devem ser divididos em três grupos:
6.6.1. Ensaio de tensão aplicada: A tensão que se refere à classe de isolamento da ferramenta deve ser aplicada por um tempo determinado, como estabelecido na tabela 3.
6.6.2. Ensaio de centelhamento: A tensão de centelhamento é determinada pela elevação da tensão até que o centelhamento ocorra, como estabelecido na tabela 4.
6.6.3. Corrente de fuga: É a corrente entre os eletrodos de terra e potencial, quando o objeto em teste esta energizado.

## 6.7. TESTES

Os testes poderão ser realizados em tensão AC ou DC, entre fase e terra, tomando-se os cuidados de realizar-se o aterramento após a tensão ser removida. Deve-se ter cuidado com trabalhos em DC, em função da tensão de retorno.
6.7.1. Todo material a ser testado deve estar limpo e descontaminado usando os produtos recomendados por cada fabricante.
6.7.2. Quando se tem vários materiais com a mesma característica sendo testados, deve-se identificá-los.
6.7.3. Determinar os eletrodos apropriados para cada cobertura.
6.7.4. Deve-se energizar o eletrodo interno e o externo deve ser aterrado em todos os ensaios.
6.7.5. As tensões devem ser elevadas a 1 kV/s AC e 3 kV/s DC.
6.7.6. Ao terminar o ensaio a tensão deve ser reduzida nas mesmas condições do item anterior até 50% da tensão aplicada, quando a fonte de tensão poderá ser desligada.
6.7.7. Para se determinar a corrente de fuga, segue-se à regra:

a) Liga-se em série um micro-amperímetro no terra.

b) Registra-se a corrente elétrica de interferência do ambiente C1, com a fonte de tensão e cabo energizado com a tensão de teste. O cabo da fonte de tensão não deve estar conectado no eletrodo interno durante esta medida.
c) Conecta-se o eletrodo de potencial da fonte ao eletrodo interno do arranjo, e aplica-se a tensão de teste e registra-se a corrente elétrica C2.
d) Subtrai-se de C2, C1 e obtêm-se a corrente elétrica de fuga do material testado.

Tabela 1: Tensão de uso das coberturas plásticas em função da classe de isolamento.

| Classe | Tensão de uso (kV) | |
|---|---|---|
| | Fase-Fase | Fase-Terra |
| **2** | 14,6 | 8,4 |
| **3** | 26,4 | 15,3 |
| **4** | 36,6 | 21,1 |
| **5** | 48,3 | 27 |
| **6** | 72,5 | 41,8 |

Tabela 2: Diâmetro mínimo e máximo para eletrodos internos em função da classe de isolamento.

| Classe | Diâmetro dos eletrodos internos (mm) | |
|---|---|---|
| | Mínimo | Máximo |
| **2** | 6,4 | 19,1 |
| **3** | 6,4 | 19,1 |
| **4** | 6,4 | 19,1 |
| **5** | 12,7 | 38,1 |
| **6** | 19,1 | 50,8 |

Tabela 3: Tensão e tempo de ensaio de tensão aplicada em função da classe de isolamento.

| Classe | Tensão de ensaio (kV) | | |
|---|---|---|---|
| | Fase-Terra (60 Hz) | DC | Tempo (s) |
| **2** | 13 | 18 | 60 |
| **3** | 24 | 34 | 60 |
| **4** | 32 | 45 | 60 |
| **5** | 42 | 60 | 30 |
| **6** | 64 | 91 | 15 |

Tabela 4: Tensão mínima para ensaio de centelhamento em função da classe de isolamento.

| Classe | Tensão de ensaio (kV) | |
|---|---|---|
| | Fase-Terra (60 Hz) | DC |
| **2** | 14 | 20 |
| **3** | 25 | 35 |
| **4** | 34 | 48 |
| **5** | 43 | 61 |
| **6** | 67 | 95 |

## 6.8. ARRANJOS DE ENSAIO

### 6.8.1. Coberturas de condutor

Os eletrodos externos devem ser confeccionados em folhas de alumínio com 0,40 mm de espessura, ou similar, visando ter o máximo contato possível entre o eletrodo e a cobertura a ser ensaiada. À distância entre os eletrodos interno e externo, deve seguir a tabela 5. O diâmetro do eletrodo interno deve respeitar os valores estabelecidos na tabela 2. Na figura 1 pode ser visualizado o eletrodo externo e interno (barra de alumínio) confeccionados para o ensaio.

Figura 1: Vista dos eletrodos interno e externo do arranjo para ensaio em coberturas rígidas de condutores.

Tabela 5: Distância entre eletrodos para os ensaios em coberturas rígidas

| Classe | Distância entre eletrodos (mm) |
|---|---|
| **2** | **88** |
| **3** | **158** |
| **4** | **216** |
| **5** | **273** |
| **6** | **425** |

### 6.8.2. Sugestão de confecção de eletrodos

Uma sugestão bastante prática para a confecção dos eletrodos externos para a cobertura rígida de condutores como pode ser visto na figura 2, é a utilização de uma cobertura plástica inutilizada como base.
Passos para a confecção:
1 – Corta-se as extremidades da cobertura, de forma a ter-se o corpo do eletrodo com o tamanho necessário para se respeitar a distância mínima entre os eletrodos interno e externo, como mostra a figura 3.

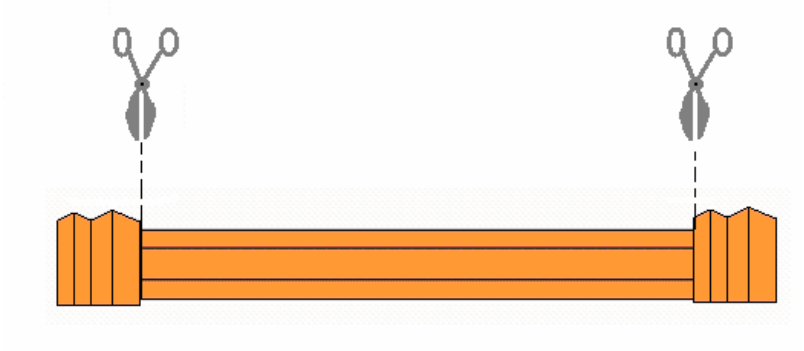


Figura 2: Vista de uma cobertura rígida de condutores.

Figura 3: Vista da cobertura rígida de condutores, com suas terminações retiradas ma a montagem do arranjo de ensaio.

2 – Corta-se como mostra a figura 4 a cobertura ao meio dividindo-a em duas partes.

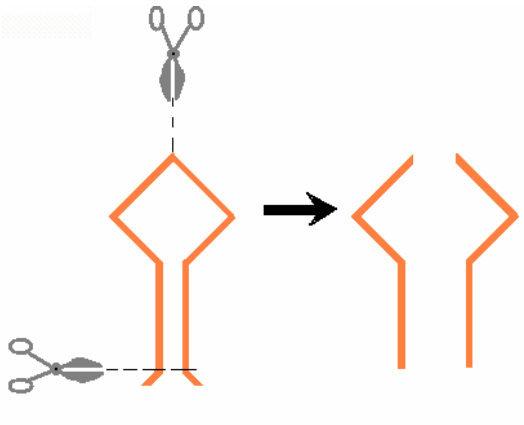


Figura 4: Vista frontal da cobertura rígida de condutores cortada ao meio para receber o revestimento interno de uma camada de borracha com 2 mm de espessura.

3 – Reveste-se as duas partes internas da cobertura com uma camada de borracha usada para palmilha de sapatos( espessura ~2 mm ) como pode ser visto na figura 5.

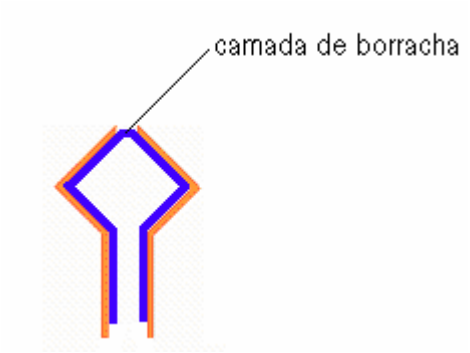



Figura 5: Vista frontal de cobertura rígida já revestida internamente com a camada de borracha e pronta para receber o revestimento de folha de alumínio.

4 - Cola-se a folha de alumínio sobre a borracha, como pode ser visto na figura 6.

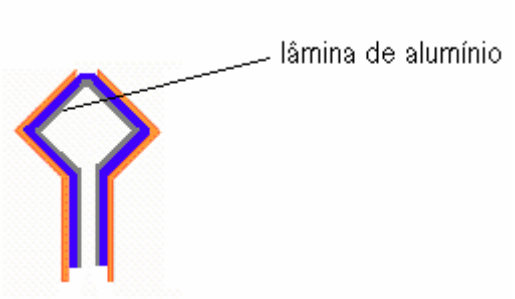



Figura 6: Vista frontal de arranjo de ensaio para cobertura rígida já revestido com alumínio.

5 – Coloca-se tiras de borracha na parte externa das duas coberturas a fim de uni-las, como pode ser visto na figura 7.

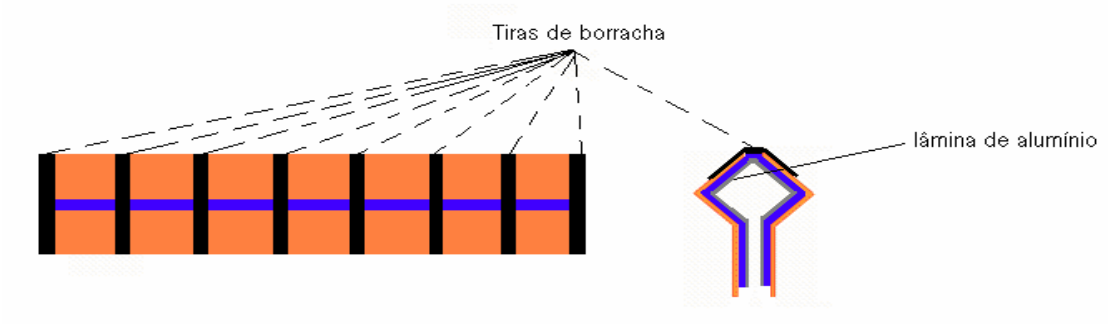



Figura 7: Vista do arranjo de ensaio para cobertura rígida com tiras de borracha coladas sobre as duas partes.

Os eletrodos internos devem seguir os diâmetros estabelecidos pela tabela 1.
Passos para a realização do ensaio
1) Deve-se montar o diagrama de ensaio como mostrado na figura 8.

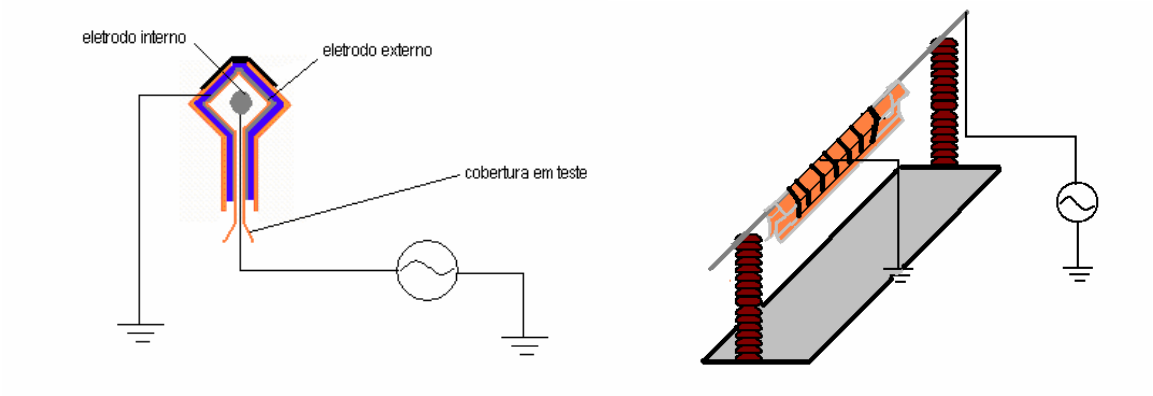



Figura 8: Arranjo de ensaio montado e pronto para a realização do ensaio.

2) Eleva-se a tensão a uma taxa de 1 kV/s AC e 3 kV/s DC até o valor determinado pela Tabela 3, em função da classe de isolamento da ferramenta, mantendo a tensão aplicada pelo tempo determinado pela tabela 3.
3) Reduz-se a tensão com a mesma taxa de elevação até zerar seu valor. Para os ensaios em DC devem-se seguir as recomendações do fabricante da fonte, e tomar cuidado com a tensão de retorno.
4) Aterrar o conjunto de ensaio.
5) Estará aprovado o material que suportar o ensaio de tensão aplicada pelo tempo determinado para a classe de tensão ensaiada.

### 6.9. ENSAIOS EM COBERTURAS PARA POSTE E CRUZETAS

Da mesma forma que no caso do arranjo para ensaio em cobertura de condutores, os eletrodos interno e externo devem estar perfeitamente ajustados sobre a cobertura a ser ensaiada, evitando ao máximo vazios. No caso das coberturas que possuem interior raiado, ter-se-á uma região com vazios.

#### 6.9.1. Sugestão para a confecção dos eletrodos

Os eletrodos poderão ser confeccionados em chapa de alumínio, folhas de zinco, cobre etc, com uma espessura aproximada de 0,40 mm. É importante observar que estes eletrodos devem ao ser enrolados e ao serem soltos abrir como uma mola espiral (ver figura 9). Outra forma de se confeccionar os eletrodos internos, é utilizar uma placa de borracha revestida com uma lâmina de alumínio (ver figura 10).

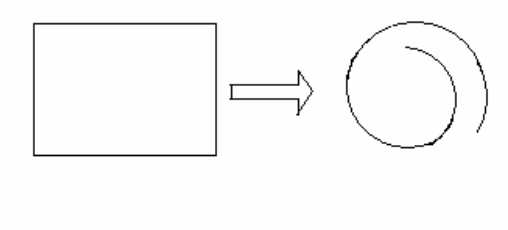


Figura 9: Vista da montagem dos eletrodos internos de coberturas rígidas para postes e cruzetas.

Figura 10: Vista de outro arranjo possível para eletrodos internos e externos para coberturas rígidas de postes e cruzetas.

O eletrodo externo deve ser confeccionado do mesmo material do eletrodo interno, de forma que se minimize ao máximo os espaços vazios entre a cobertura e os eletrodos. Deve-se observar que as medidas dos eletrodos internos e externos devem ser exatamente iguais, como mostra a figura 11 e figura 12 para que não sejam geradas durante a aplicação de tensão elétrica, deformação das linhas de campo elétrico nas regiões de bordas dos eletrodos.

Figura 11: Vista mostrando como devem ficar os eletrodos sobre a superfície do material a ser ensaiado.

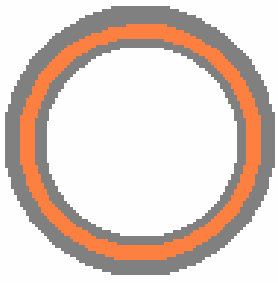


Figura 12: Vista superior de uma cobertura rígida já com os eletrodos interno e externo posicionados corretamente.

Os eletrodos interno e externo devem estar perfeitamente ajustados à cobertura a ser ensaiada, como mostra a figura 13 e figura 14.

Figura 13: Em a) vista do eletrodo interno de cobertura para poste. Em b) vista do eletrodo externo para cobertura para poste.

### 6.9.2. Ensaio de Tensão Aplicada

Para se realizar o ensaio de tensão aplicada em coberturas deve-se inicialmente escolher o arranjo de ensaio como indicado nas sugestões anteriormente discutidas e montar o diagrama de ensaio como mostra a figura 14.

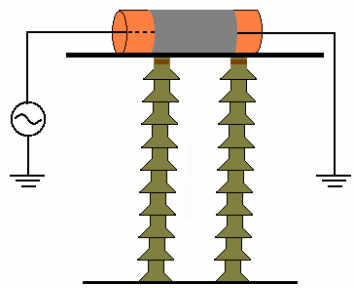


Figura 14: Arranjos do ensaio de coberturas rígidas.

Deve-se observar que o eletrodo interno será o eletrodo de potencial e o eletrodo externo o eletrodo de terra.
Passos para a realização do ensaio.

1) Eleva-se a tensão a uma taxa de 1 kV/s em AC e 3 kV/s em DC até se atingir a tensão de ensaio para a classe da ferramenta testada, seguindo a tabela 3.
2) Ao se atingir a tensão de ensaio manter esta pelo tempo indicado na tabela 3.
3)Reduzir a tensão a uma taxa de 1 kV/s em AC e 3 kV/s em DC até zerar a tensão da fonte. Em ensaios em DC devem-se seguir as recomendações do fabricante da fonte, e tomar cuidado com a tensão de retorno, pois os arranjos são grandes com capacitâncias consideráveis.
4) Aterrar o conjunto de ensaio.
5) Após a realização do ensaio observar se o material não apresenta processos de degradação causados pelo ensaio. Em caso positivo deve-se rejeitar o material e encaminhá-lo para análise.

## 7. ENSAIOS DE LUVAS ISOLANTE

O material abaixo descrito se baseia nas norma ASTM D 120 – 95. Standart Specification Rubber Insulantig Gloves, NBR 122 Luvas de segurança e NBR 10622 Luvas isolantes de borracha.
As luvas isolantes confeccionadas em borracha natural são divididas em seis classes e dois tipos. Com relação à classe, esta se refere à tensão de isolamento da ferramenta como mostra a tabela 6, e com relação ao tipo este se refere ao elastômero formulado ser ou não resistente ao ozônio. Assim luvas são divididas em dois tipos:

- **Tipo I – Não resistente ao ozônio**
- **Tipo II – Resistente ao ozônio**

### 7.1. IDENTIFICAÇÃO DA LUVA

Toda luva isolante de borracha deve ter marcações de forma clara e permanente no dorso do punho, com as indicações características exigidas por norma (NBR 10622/99), entre as quais a classe aliada a cor do rótulo o que permite a sua identificação quanto ao valor da tensão de ensaio) tabela 6.

Tabela 6: Luvas CA

| CLASSE DAS LUVAS | TENSÃO DE ENSAIO (V) | TENSÃO MÁXIMA DE USO (V) | DISTÂNCIA H (mm) | COR | CORRENTE MÁXIMA DE FUGA (mA) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | L=267 | L=356 | L=406 | L=457 |
| 00 | 2500 | 500 | 38 | BEGE | 6 | 10 | 12 | 14 |
| 0 | 5000 | 1000 | 38 | VERMELHA | 8 | 12 | 14 | 16 |
| 1 | 10000 | 7500 | 38 | BRANCA | - | 14 | 16 | 18 |
| 2 | 20000 | 17000 | 64 | AMARELA | - | 16 | 18 | 20 |
| 3 | 30000 | 26500 | 89 | VERDE | - | 18 | 20 | 22 |
| 4 | 40000 | 36000 | 127 | LARANJA | - | - | 22 | 24 |

Notas:
1. Exceto para luvas de classe 0 e 00, a tensão máxima de uso deve ser baseada na fórmula: tensão máxima de uso = 0,95 da tensão de ensaio – 2000 V.
2. Os valores de tensão (V) referem-se a valores eficazes.
3. L = comprimento da luva em milímetros.
4. A distância h refere-se a parte emersa da luva (tolerância + ou – 8mm).

### 7.2. CONDIÇÕES DO ENSAIO

O ensaio deve ser realizado observando-se as seguintes condições:

- A luva deve estar limpa e seca sem o uso de estufa;

- A montagem física para o ensaio de luva deve ser conforme esquema representado pela figura 15;
- A luva não deve estar virada do avesso;
- Os níveis de água do recipiente e no interior da luva devem coincidir;
- A luva deve ser fixada por dispositivo de material isolante;
- A parte da luva acima da linha d'água deve estar rigorosamente seca;
- O eletrodo deve ser colocado de modo a aplicar a tensão elétrica uniformemente sobre toda a área ensaiada sem produzir efeito corona em qualquer ponto ou esforços mecânicos na luva;
- A água usada deve ser renovada a cada lote de, no máximo, 50 luvas ou quando se tornar necessário, devendo estar isenta de bolhas de ar ou material em suspensão;
- O ensaio deve ser executado à temperatura ambiente.

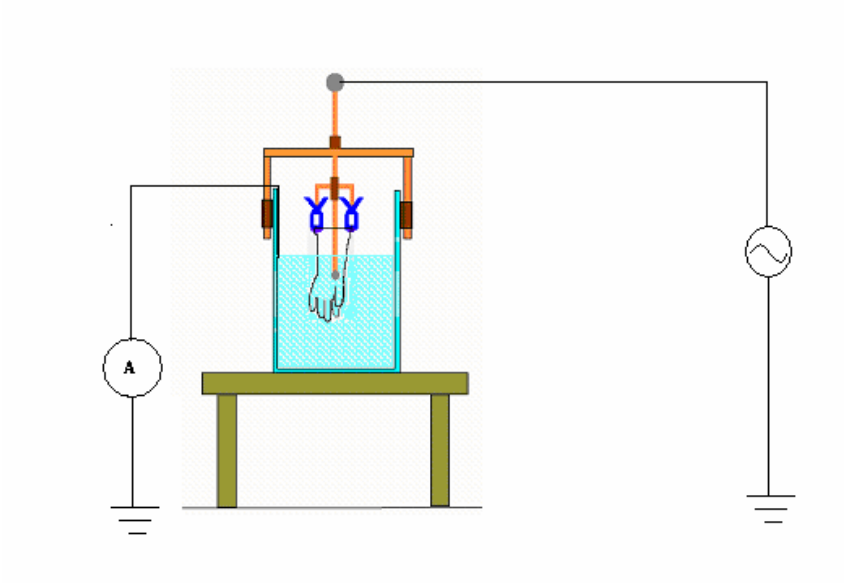



Figura 15: Ensaio de luva isolante

## 7.3. EXECUÇÃO DO ENSAIO

a) O terminal de tensão (AT) de saída do transformador deve ser conectado ao eletrodo que é introduzido na água contida no interior da luva. O outro terminal deve ser conectado a outro eletrodo que é introduzido na água contida no recipiente (cuba) do lado de fora da luva, ou, conectado ao próprio recipiente (cuba) desde que seja metálico e devidamente aterrado;

b) Iniciando em zero, a tensão deve ser elevada gradualmente, à razão aproximada de 1 kV/s, até atingir o valor de tensão de ensaio especificado na tabela 6, o qual deve ser mantido por 3 minutos, e em seguida retornar a tensão ao valor zero, também gradualmente;
Observação: Não ultrapassar o valor de tensão de ensaio especificado na tabela 6.

c) Verificar o comportamento da corrente de fuga no decorrer do ensaio, anotando o seu valor próximo ao final do período (de 3 minutos) do ensaio
d) Após o ensaio, secar a luva cuidadosamente sem o uso da estufa.

## 7.4. RESULTADOS

A ocorrência da disrupção elétrica do material, reprova a luva.
A corrente de fuga através da luva, durante o ensaio de tensão aplicada não deve exceder os valores especificados na tabela 6, caracterizando a boa condição do material.
Pelos registros e avaliação de valores dos ensaios anteriores pode-se, eventualmente, acompanhar o acréscimo da corrente de fuga ao longo da vida da luva e reduzir sua periodicidade de ensaio ou mesmo retirá-la de uso tendo em vista razões de segurança.
Não há referência quanto a vida útil da luva, porquanto é recomendável que os registros de ensaios sejam devidamente mantidos para estudos futuros.

## 7.5. PERIODICIDADE

A periodicidade recomendada de ensaio em luvas é de seis meses para luvas em uso, podendo ser reduzida dependendo das características de trabalho, tipo de utilização ou outro motivo que possa implicar em deterioração anormal.
A luva deve ser sempre ensaiada antes de colocada em uso e os valores da corrente de fuga registrados como dados iniciais importantes para futuras avaliações.

## 7.6. OBSERVAÇÕES GERAIS

1 – Preferencialmente deve-se realizar o ensaio de tensão aplicada e medida de corrente elétrica de fuga com forma de tensão igual a que se tem onde se aplica a ferramenta.
2 – Antes de se realizar o ensaio deve-se limpar a luva interna e externamente com produtos neutros. Nunca usar derivados de petróleo em materiais confeccionados em borracha natural.
3 – Para a realização do ensaio o material deve estar seco. Recomenda-se que a limpeza seja realizada 24 h antes do ensaio. Não utilizar estufa para secagem do material.
4 – Após a realização do ensaio recomenda-se antes da utilização da ferramenta a secagem desta por 24 h.
5 – Durante a limpeza inicial da luva, e após o ensaio, inspecionar visualmente esta, com o objetivo de verificar se existem fissuras, riscos, furos ou processos de degradação na ferramenta. Toda e qualquer alteração deve se relatada no laudo de ensaio.

## 8. ENSAIOS EM LENÇÓIS ISOLANTES

Os lençóis isolantes são confeccionados em borracha natural, e, portanto seguem as mesmas classes de isolamento das mangas isolantes e luvas isolantes confeccionadas em borracha natural.
A norma que regulamenta os ensaios em lençóis isolantes para serviço em redes energizadas é a ASTM D178.
Os lençóis isolantes são classificados segundo dois tipos:

- Tipo I
- Tipo II

Os lençóis podem ser divididos em diferentes modelos em função de suas aplicações e funcionalidades.

### 8.1. MODELOS DE LENÇÓIS ISOLANTES

Basicamente existem dois tipos de lençóis confeccionados em borracha natural:

#### 8.1.1. Lençóis inteiriços

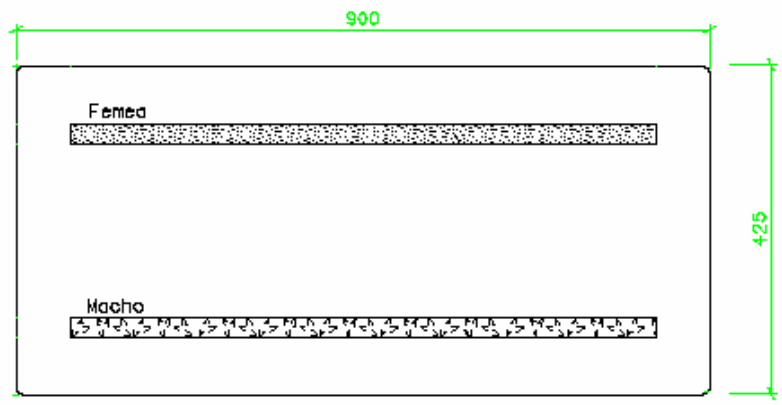



Figura 16: Lençol para jumper

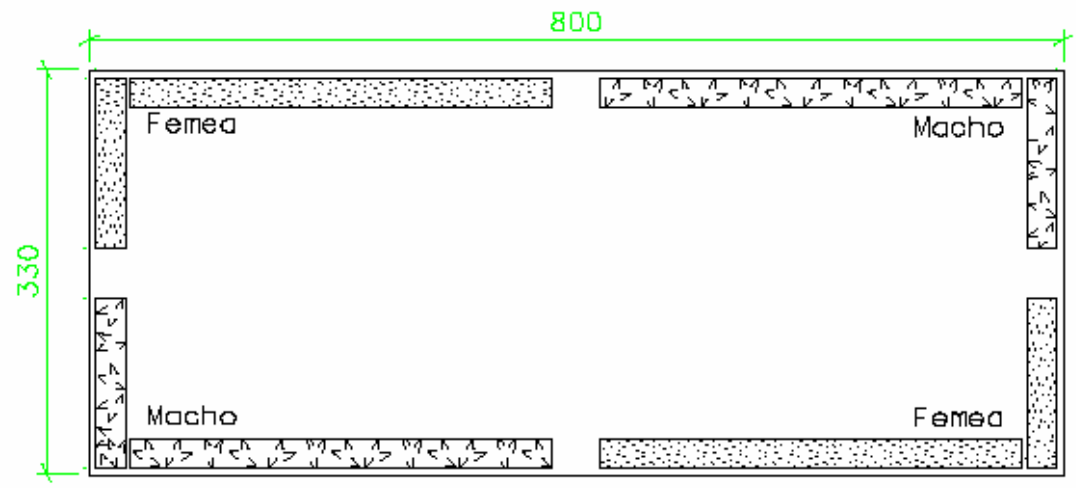



Figura 17: Lençol para BT

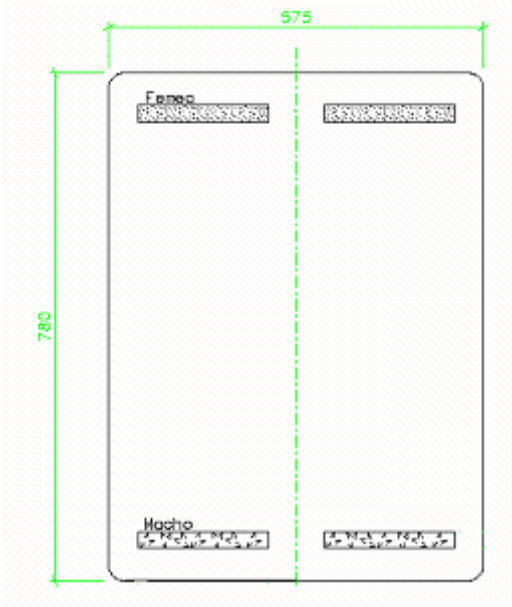



Figura 18: Lençol para CF.

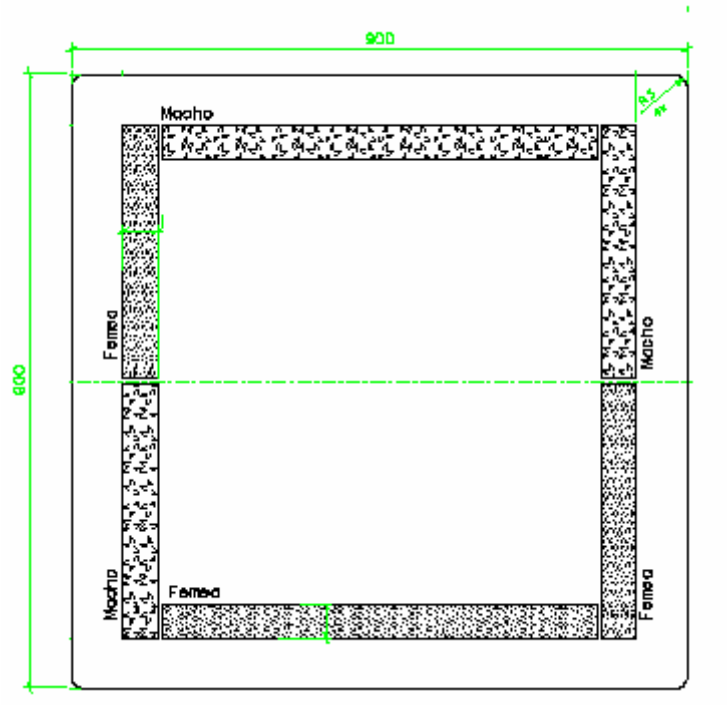



Figura 19: Lençol para uso geral.

### 8.1.2. Lençóis bipartidos

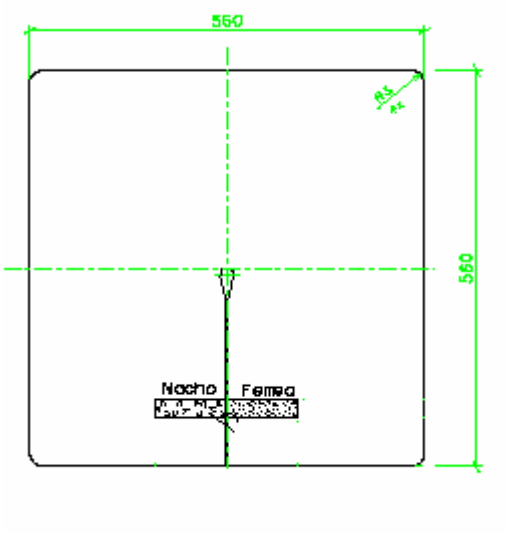



Figura 20: Lençol para espaçador losangular

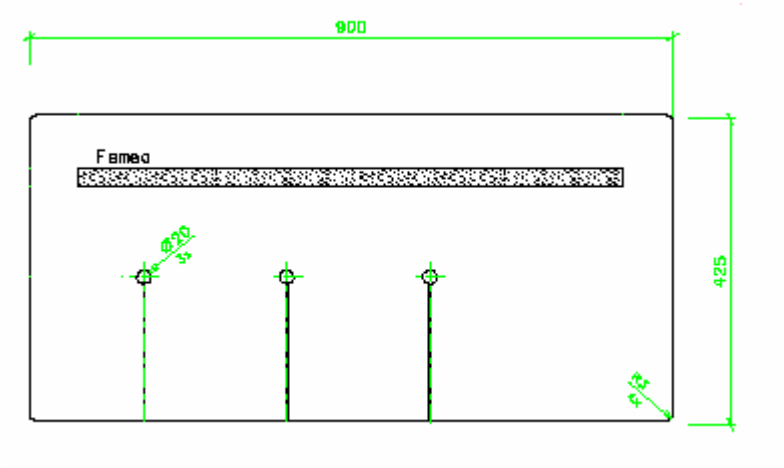



Figura 21: Lençol para suporte horizontal peça 1

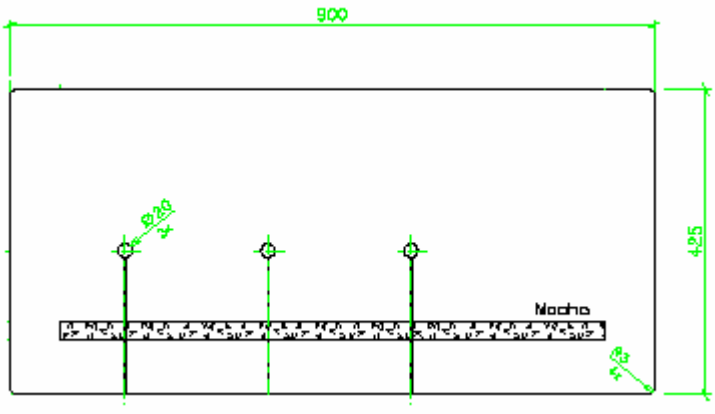



Figura 22: Lençol para suporte horizontal peça 2

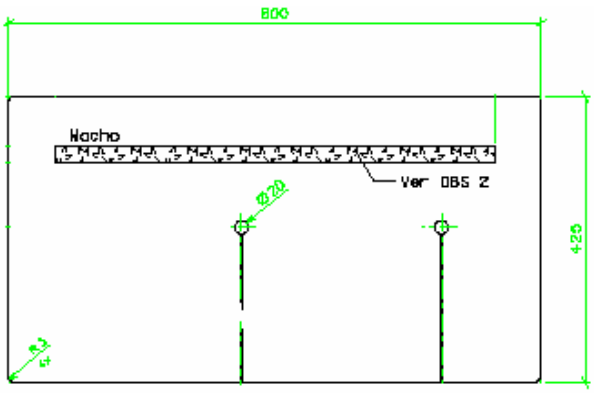



Figura 23: Lençol 1 para suporte C.

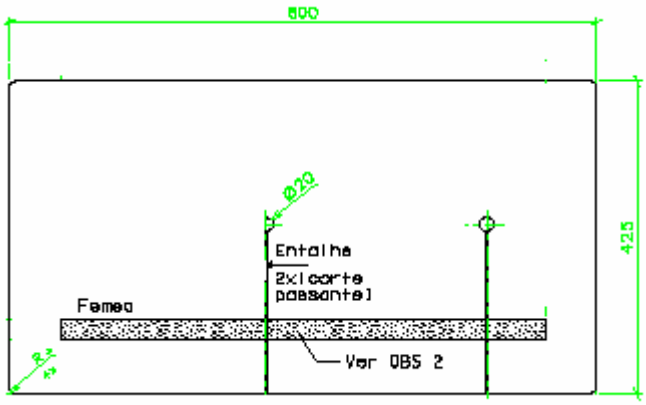



Figura 24: Lençol 2 para suporte C.

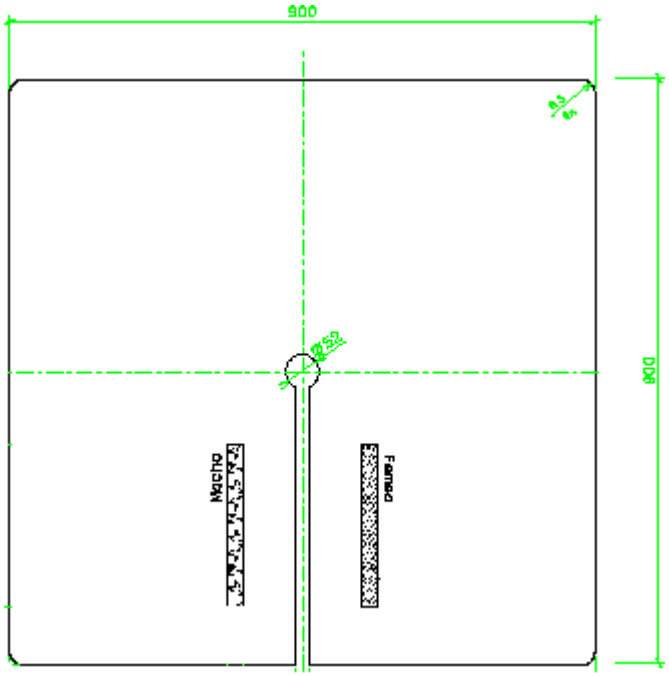



Figura 25: Lençol para uso geral com entalhe.

## 8.2. ENSAIOS ELÉTRICOS

O ensaio de tensão aplicada deve ser feito segundo a classe de isolamento da ferramenta, como mostra a tabela 7.

Tabela 7: Tabela com classes de isolamento, tensão de teste e distância entre eletrodos.

| Classe de isolamento | Tensão de teste(V) | Distância entre eletrodos(mm) |
|---|---|---|
| 0 | 5000 | 76 |
| 1 | 10000 | 76 |
| 2 | 20000 | 127 |
| 3 | 30000 | 178 |
| 4 | 40000 | 178 |

## 8.3. SUGESTÃO DE ARRANJOS PARA ENSAIOS EM LENÇÓIS

O maior problema para a realização dos ensaios com lençóis, é a existência de ar entre os eletrodos e o lençol, e nas terminações do lençol, em função de eletrodos não adaptados corretamente à superfície do material a ser ensaiado. Uma sugestão que vem sendo utilizada e apresenta resultados eficientes, é a que segue podendo ser vista nas figuras 26 e 27.

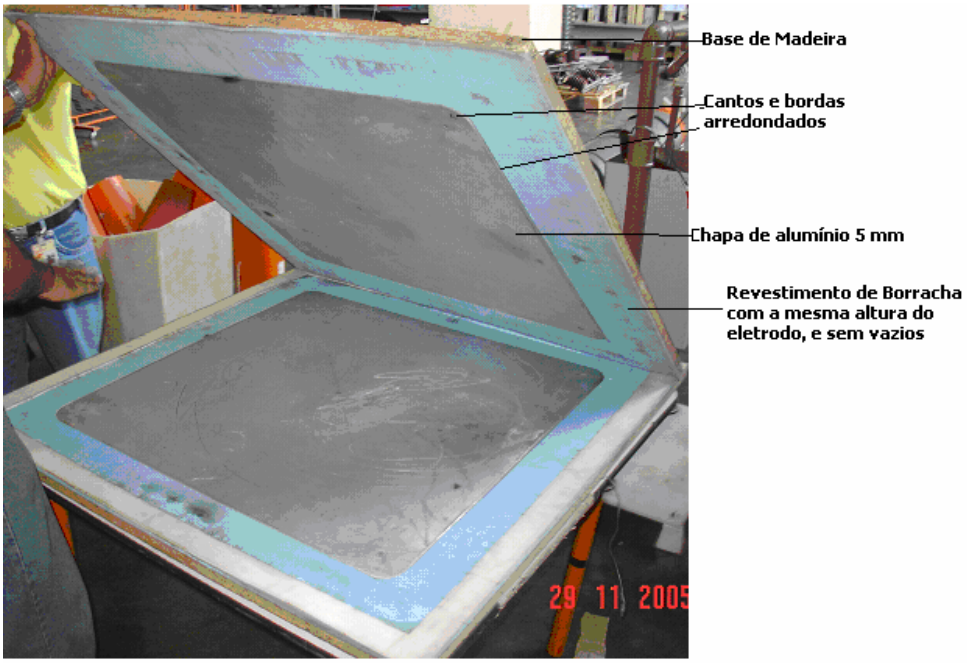

Base de Madeira
Cantos e bordas arredondados
Chapa de alumínio 5 mm
Revestimento de Borracha com a mesma altura do eletrodo, e sem vazios
29 11 2005

Figura 26: Arranjo para ensaio em lençóis isolantes classe de isolamento 4.

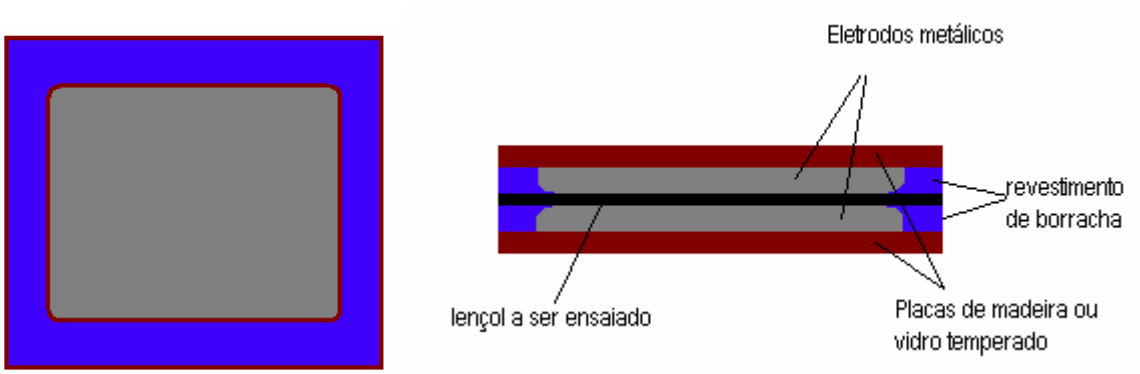



Figura 27: Desenho ilustrativo do arranjo para ensaio em lençóis isolantes. No desenho observa-se a necessidade do arredondamento das bordas e cantos dos eletrodos, além do revestimento de borracha nas laterais dos eletrodos metálicos.

O conjunto para ensaio em lençóis isolantes possui como estrutura de base uma placa de madeira com 20 mm, sobre a qual é fixado o eletrodo de alumínio com 5 mm de espessura. O eletrodo deve ter as bordas e cantos arredondados, sem pontas ou rebarbas, pois estas se existirem serão pontos que gerarão descargas elétricas. O em torno do eletrodo de alumínio deve ser revestido com uma camada de borracha que fique exatamente no mesmo nível do eletrodo de alumínio, não podendo restar vazios entre as faces do eletrodo e a camada de borracha. Com estas precauções, evita-se camadas de ar e concentração de campo elétrico nas bordas dos eletrodos.
Uma outra sugestão para a montagem de arranjo para ensaio em lençóis isolantes, é a substituição das placas de madeira, por chapas de vidro temperada, como pode ser visto na figura 28.

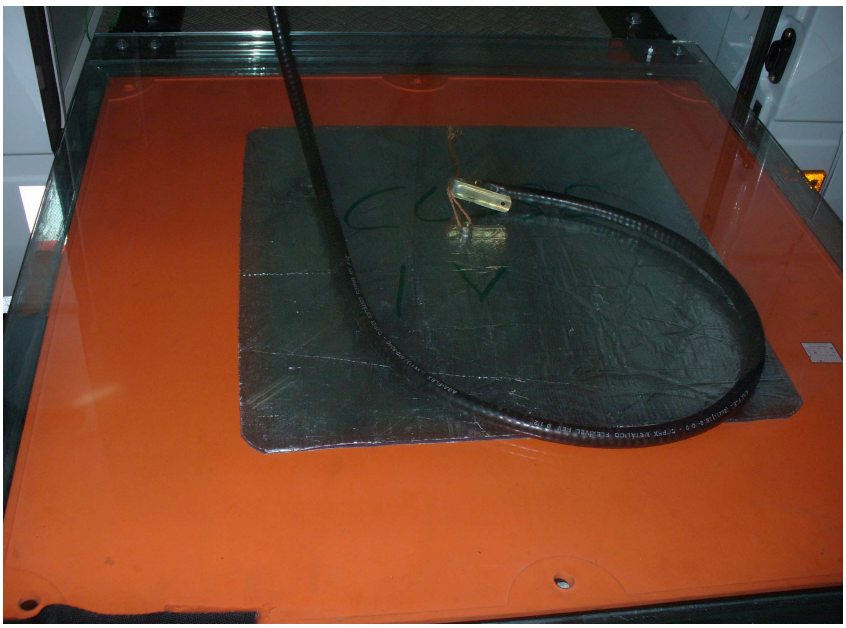


Figura 28: Arranjo de ensaio para lençóis isolantes usando como base para eletrodos chapa de vidro temperada.

Como discutido nos itens 8.1.1 e 8.1.2, têm-se dois tipos de lençóis. A montagem dos eletrodos para estes dois tipos de lençóis, deve acompanhar a forma do lençol, e respeitar as classes de isolamento a que se destinam, bem como respeitar as distâncias entre eletrodos estabelecidas pela tabela 7.

### 8.3.1. Sugestão de eletrodos para lençóis

Aconselha-se que para cada classe de tensão e tipo de lençol, sejam confeccionados conjuntos específicos de ensaio, com os tamanhos dos eletrodos mudando em função da classe de tensão conforme a tabela 8.

Tabela 8: Tabela para cálculo do tamanho dos eletrodos em função da classe de isolamento.

| Classe de tensão | Tamanho dos eletrodos(mm) |
|---|---|
| 0 | L - 38 |
| 1 | L - 38 |
| 2 | L- 63,5 |
| 3 | L - 89 |
| 4 | L-127 |

Onde L representa a largura do lençol em milímetros.
Por exemplo, um lençol classe 2 sem ilhós ou velcro com 900 mm de largura terá eletrodos com tamanho.

$$900 - 63,5 = 836,5 \text{ mm}$$

Assim os eletrodos terão que ter 850 mm de largura.

### 8.3.1.1. Lençóis Inteiriços

Nesse caso, o eletrodo será uma chapa de alumínio com 5 mm de espessura, seguindo as recomendações feitas no item 3.2.

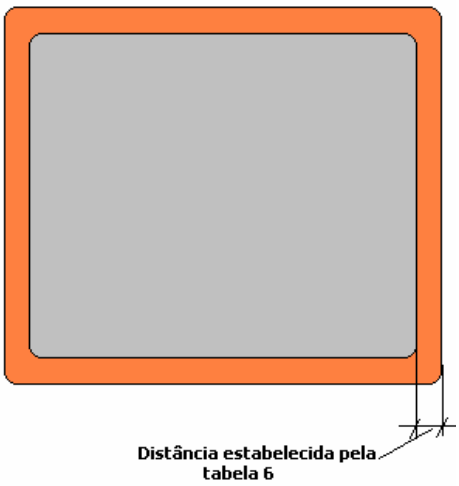



Figura 29: Eletrodo para lençol inteiriço.

Observação: No caso de lençóis inteiriços com furos laterais ou velcro, deve-se tomar a medida entre eletrodos a partir da base dos furos ou da lateral interna do velcro, como mostra a figura 30. Este detalhe fará com que o tamanho do eletrodo seja menor.

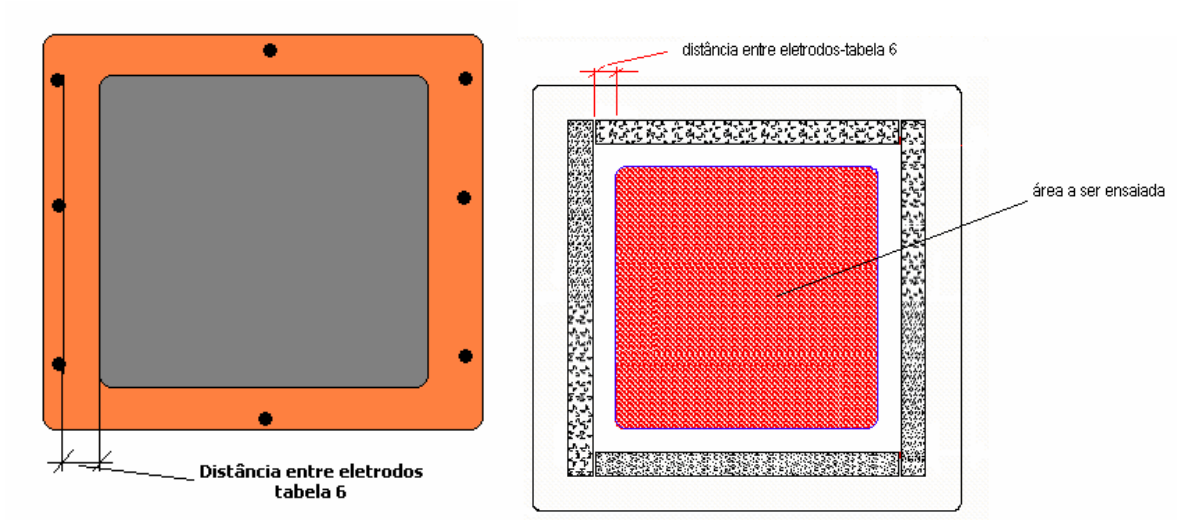



Figura 30: Eletrodos para lençóis com furos e velcro.

### 8.3.1.2. Lençóis bi-partido

Para lençóis que possuem entalhes, deve-se respeitar nas regiões de entalhe as distâncias entre eletrodos estabelecidas pela tabela 7. A figura 31 mostra uma situação possível.

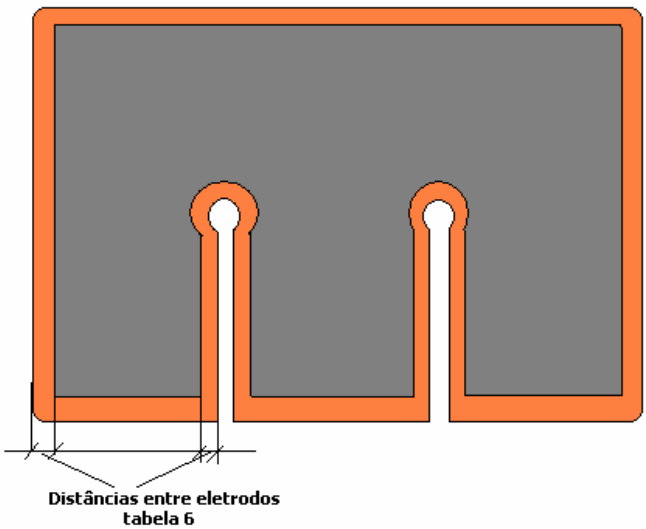



Figura 1: Eletrodos para lençóis com entalhes.

Observação: No caso dos lençóis com entalhe e furos, é conveniente que sejam colocados nos entalhes e furos, um tampão de borracha sobre entalhe ou furo.

## 8.4. PROCEDIMENTOS PARA O ENSAIO

1 – Colocar o lençol isolante sobre o eletrodo inferior, seguindo as distâncias mínimas das bordas do eletrodo, conforme tabela 7
2 – Colocar o eletrodo superior sobre o lençol isolante
3 – Prender as bordas do conjunto com grampos de linha viva
4 – Aplicar a tensão exigida pela classe de isolamento do lençol, durante o tempo de 1 minuto.
5 – Baixar a tensão a uma taxa de 1kV/s AC ou 3 kV/s DC até 50% da tensão aplicada, quando se desliga a fonte
6 – Aterrar o transformador
7 – Abrir o conjunto
8 – Retirar o lençol

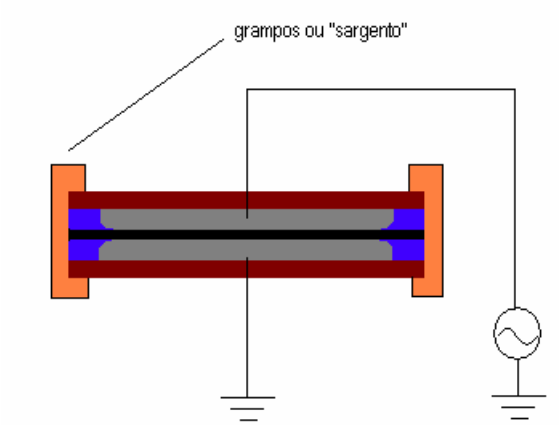



Figura 32: Diagrama de ensaio em lençóis isolantes.

Observação.
A região considerada como isolada, é a região efetivamente ensaiada. As regiões não atingidas pelos eletrodos não podem ser tratadas como isoladas.
O tempo de ensaio foi alterado para 1 minuto, baseado em considerações com relação à funcionalidade da cobertura de borracha. A cobertura de borracha trata-se de uma ferramenta usada para evitar o contato eventual do eletricista com partes de equipamentos ou redes energizadas, da mesma forma que as coberturas sólidas. Após discussões entre a COPEL e LACTEC, chegou-se a conclusão que o tempo de ensaio poderia ser reduzido a 1 minuto.

## 9. ENSAIO DE BASTÕES DE MANOBRA

Uma norma Internacional que rege ensaios em material tubular de fibra é a ASTM F 711-89 e a norma brasileira é a NBR 11864. É importante salientar que estas duas normas divergem em algumas determinações tal como as medidas de diâmetros dos bastões de manobra e valores de corrente de fuga. A norma ASTM também apresenta os ensaios referentes a tubos de fibra como aqueles usados em varas de manobra telescópica, quando a NBR não cita esta situação.
Segundo a ASTM, os ensaios em bastões de manobra e hastes de fibra deve seguir a tabela 9, onde a tensão deve ser aplicada a um taxa de elevação de no máximo 3 kV/s durante o tempo de 1 minuto.
A corrente elétrica máxima de fuga é estabelecida pela tabela 10.

Tabela 9: Valores máximos de corrente de fuga para ensaio em hastes e tubos de fibra, para tensão aplicada de 100 kV de 300 em 300 mm ou alternativamente 50 kV de 150 em 150 mm, segundo ASTM.

| Tipo | Diâmetro(mm) | Corrente elétrica de fuga (µA) |
|---|---|---|
| Tubo | 25,4 | 5 |
| | 31,8 | 6 |
| | 38,1 | 8 |
| | 44,5 | 9 |
| | 50,8 | 10 |
| | 63,5 | 12 |
| | 76,2 | 14 |
| | | |
| Haste | 9,5 | 6 |
| | 12,7 | 6 |
| | 15,9 | 6 |
| | 19,1 | 6 |

Tabela 10: Valores máximos de corrente de fuga para ensaio em hastes e tubos de fibra, para tensão aplicada de 100 kV de 300 em 300 mm ou alternativamente 50 kV de 150 em 150 mm, segundo NBR.

| Diâmetro (mm) | Corrente elétrica de fuga(µA) | |
|---|---|---|
| | 100 kV | 50 kV |
| 32 | 10 | 5 |
| 38 | 12 | 6 |
| 51 | 15 | 8 |
| 64 | 20 | 10 |

Segundo a ASTM F 711 e NBR 11864, os eletrodos para se realizar o ensaio em hastes ou tubos isolantes confeccionados em fibra, deve possuir anel de guarda, com o objetivo de eliminar correntes elétricas de ionização do ar, que podem aumentar em até 200 % o valor real de corrente de fuga.

Em laboratório foram realizados ensaios em varas de manobra, onde se pode constatar esta diferença. Assim, a melhor forma de eletrodo para este tipo de ensaio pode ser vista na figura 33.

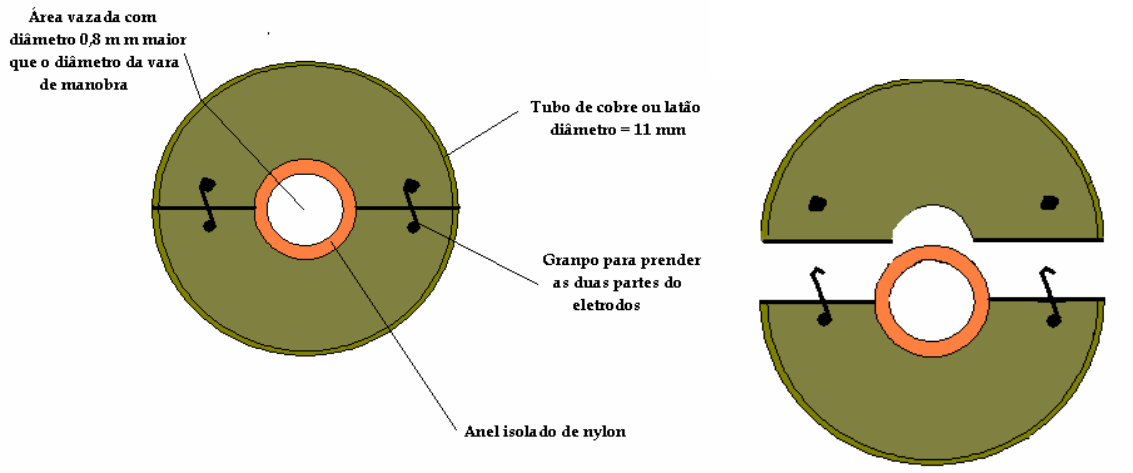

Área vazada com diâmetro 0,8 m m maior que o diâmetro da vara de manobra
Tubo de cobre ou latão diâmetro = 11 mm
Grampo para prender as duas partes do eletrodos
Anel isolado de nylon

Figura 33: Vista dos eletrodos de guarda usados para ensaio em tubos e hastes isolantes confeccionados em fibra.

Em função das varas de manobra possuírem em suas extremidades uma região saliente de reforço mecânico, houve necessidade de se adaptar uma nova geometria no anel isolante de nylon, não proposta em norma, porém apresentada agora como uma melhoria, sendo que esta peça passou a ser confeccionada em duas partes, como mostra a figura 34. Os detalhes técnicos das peças podem ser vistos nas figuras 35 e 36 e tabela 11.

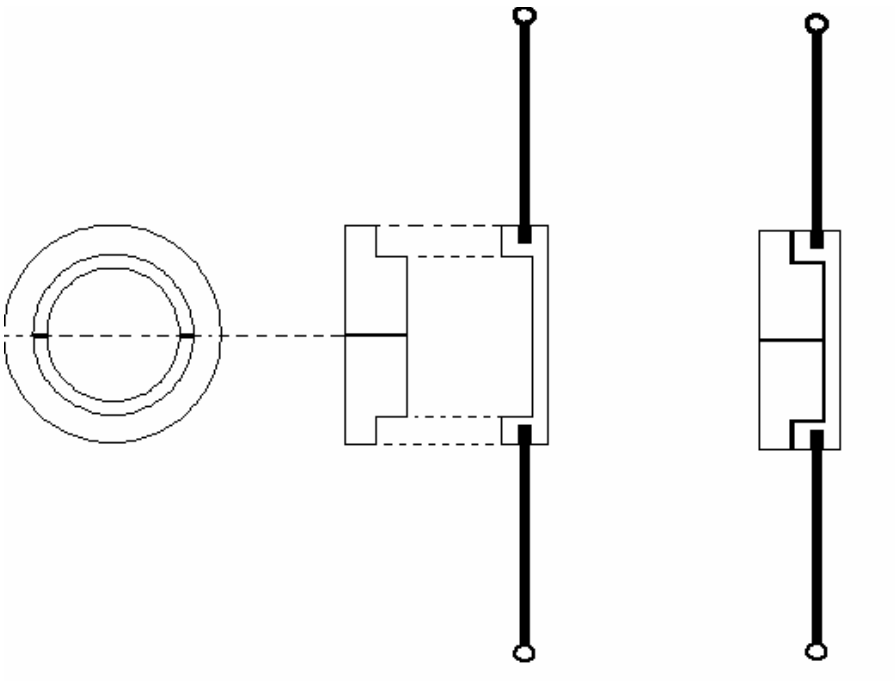


Figura 34: Vista do novo sistema de isolamento do anel de guarda, composto por duas peças, sendo uma delas bipartida.

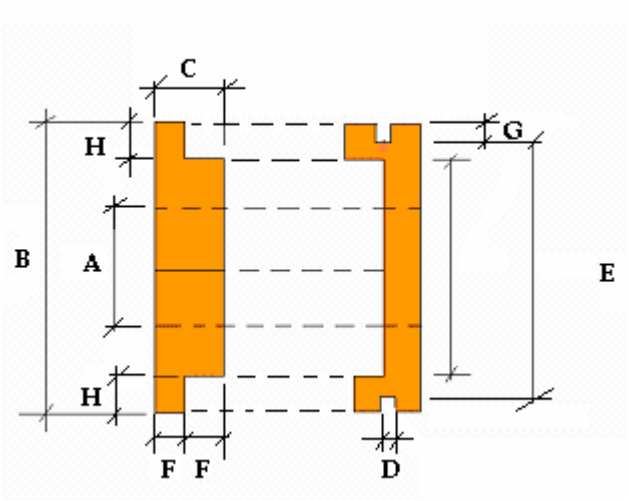



Figura 35: Detalhe técnico da peça de isolamento do anel de guarda.

Tabela 11: Tabela com as medidas para a confecção dos anel isolante e disco de guarda segundo NBR.

| Diâmetro (mm) | A(mm) | B(mm) | C(mm) | D(mm) | E(mm) | F(mm) | H(mm) | G(mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 32 | 32,5 | 90 | 10 | 1,5 | 55,5 | 5 | 10 | 2 |
| 38 | 38,5 | 90 | 10 | 1,5 | 55,5 | 5 | 10 | 2 |
| 51 | 51,5 | 117 | 12 | 1,5 | 68,8 | 6 | 10 | 2 |
| 68 | 64,5 | 117 | 12 | 1,5 | 68,5 | 6 | 10 | 2 |

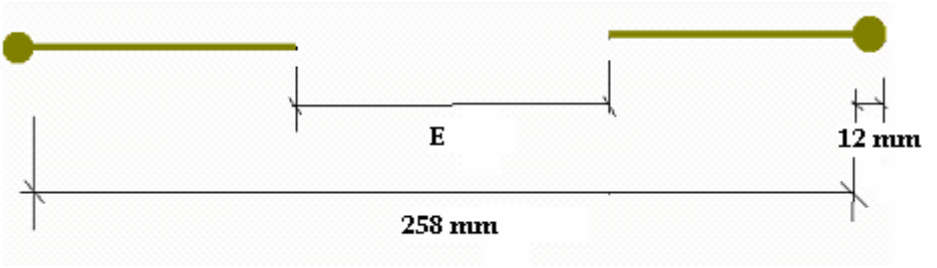



Figura 36: Detalhe técnico do anel de guarda. A espessura da chapa de cobre ou latão usada para a confecção do disco é 1,5 mm. O tubo a ser soldado em volta do disco deve ser de cobre com diâmetro de 12 mm.

Para o eletrodo de potencial devem-se usar anéis para a redução de corona. A figura 37, mostra as dimensões deste anel.

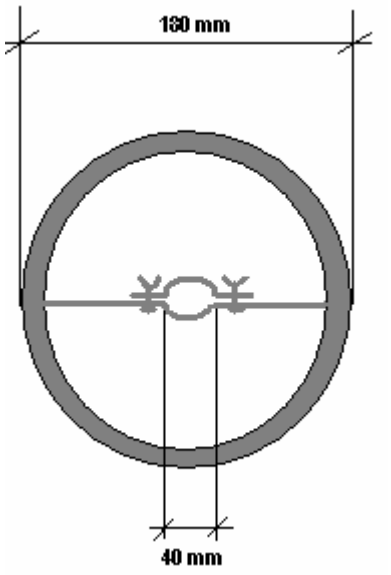



Figura 37: Dimensões do anel de alívio de corona a ser colocado do eletrodo de potencial.

Para se realizar o ensaio de vara de manobra de forma mais rápida, sugere-se a montagem para se realizar o ensaio do segmento da vara de manobra de uma única só vez, como mostra o diagrama das figuras 38 e 39.

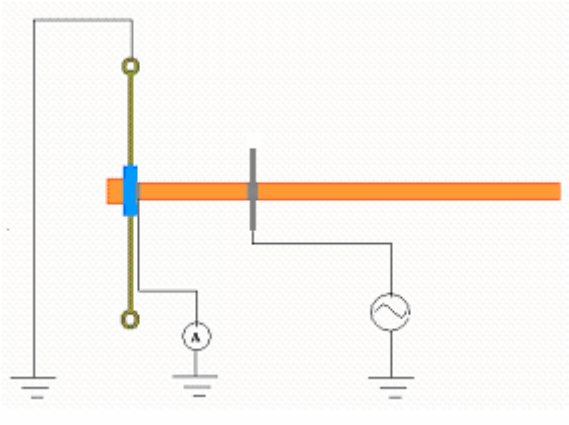


Figura 38: Diagrama de ensaio em varas de manobra.

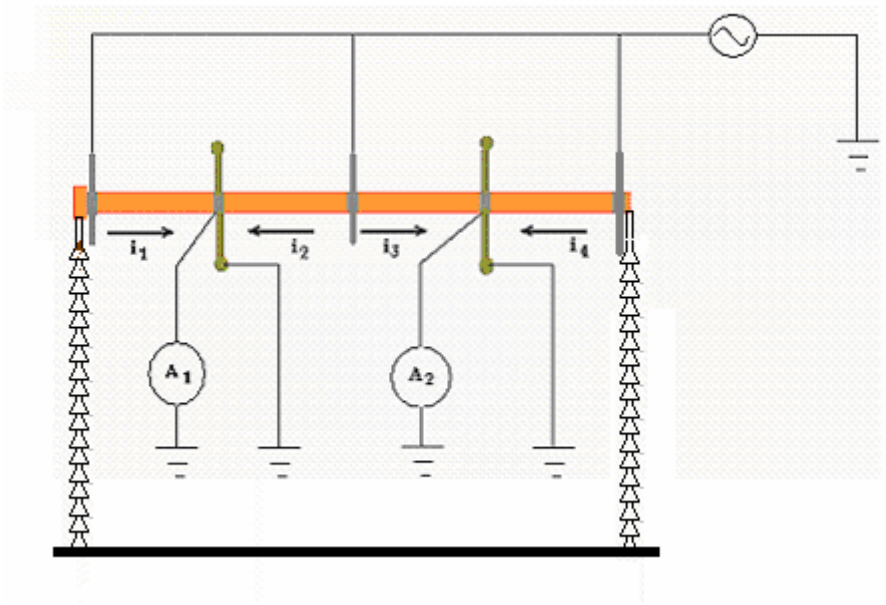



Figura 39: Diagrama para ensaio em varas de manobra montagem para um único ensaio.

Passos para a realização do ensaio.

1 - Efetua-se a limpeza da vara de manobra, removendo a deposição de poeira da superfície do material a ser ensaiado.

2 – Monta-se a arranjo de ensaio como mostram as figuras 38 e 39, usando os anéis de guarda.

2.1 – Inicialmente deve ser colocada uma tira de chapa de alumínio sobre a vara de manobra.

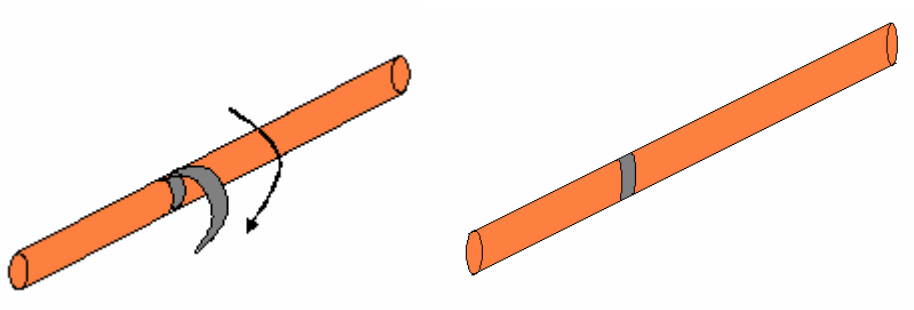
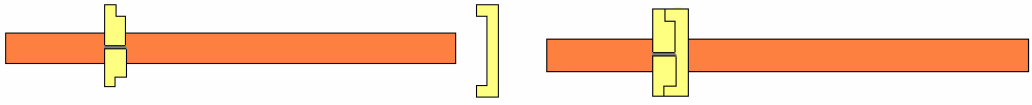


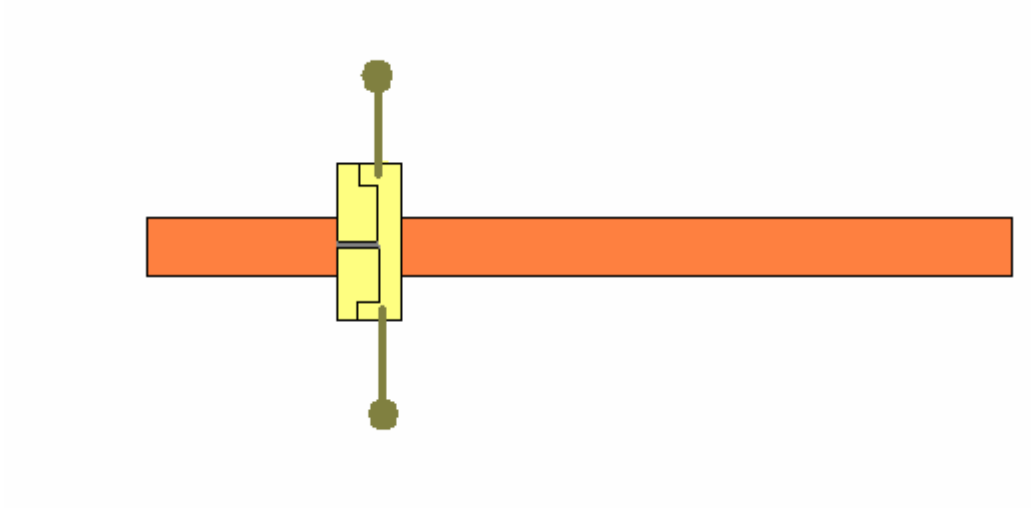
Figura 40: Vista de como se deve enrolar a fita condutora de alumínio ou cobre antes de se colocar o anel de material isolante.

2.2 – Encaixa-se o anel de material isolante bi-partido sobre a chapa de alumínio, como mostra a figura.

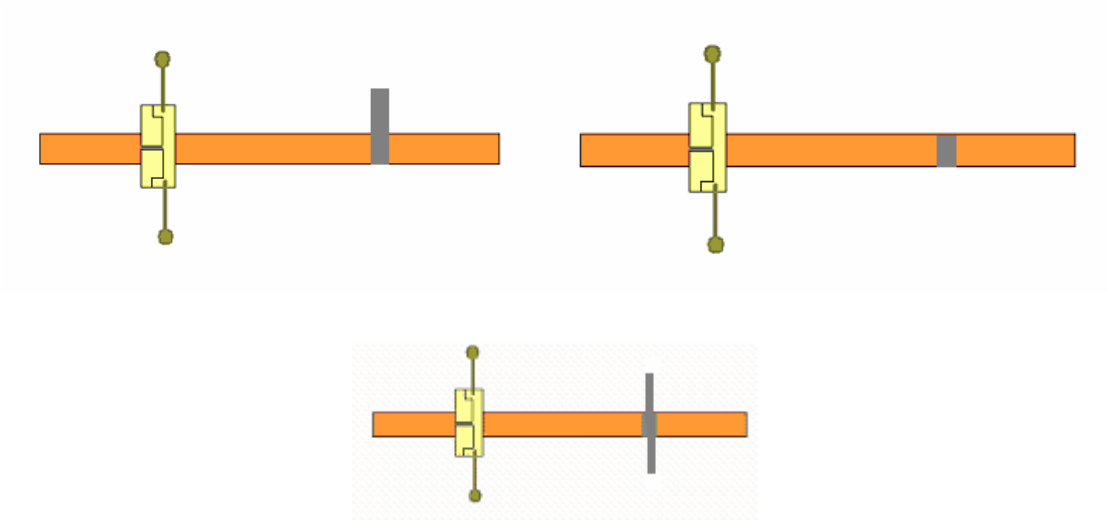
2.3 – Encaixa-se a parte inteiriça do anel isolante sobre a bipartida.



2.4 – Encaixa-se o anel de guarda sobre o anel isolante.



2.5 – Enrola-se uma segunda tira de alumínio com largura de 10 mm, para ser o eletrodo de potencial. Em seguido deve-se colocar o anel para evitar o corona.



2.6 – repete-se o processo até colocar os dois anéis de guarda mais o anéis de potencial como mostra a Figura 39, caso opte por esta montagem de ensaio.
2.7 – monta-se o circuito como mostra as figuras 38 e 39.
2.8 – Aplica-se a tensão como indicado na tabela 9 ou tabela 10. No caso do ensaio simples (figura 38) deve-se aceitar como aprovado o material que atender as exigências da tabela 9 e tabela 10. No caso do ensaio sugerido na figura 39, mede-se a corrente elétrica de fuga para cada trecho, sendo que estes resultados deverão respeitar a tabela 9 e tabela 10. Para o caso de ensaio sugerido pela figura 39, deve-se considerar a leitura do amperímetro dividida por 2, sendo este o resultado da corrente elétrica de fuga de cada trecho. Por exemplo: Se a leitura do amperímetro 1 indicar 12µA, ter-se-á $\frac{12}{2} = 6\mu A$

para os trechos 1 e 2. e se a leitura do amperímetro 2 indicar 14 µA, ter-se-á $\frac{14}{2} = 7\mu A$ para os trechos 3 e 4. De acordo com a tabela 10 (se usada a NBR), para um ensaio de 300 mm com 100 kV, a vara de manobra de 32 mm de diâmetro terá passado no ensaio de tensão aplicada e corrente de fuga.

## 9.1. ENSAIO DE TENSÃO APLICADA EM VARA DE MANOBRA

No ensaio de tensão aplicada, pode-se utilizar um arranjo que avalia vários segmento da vara de manobra simultaneamente, como o mostrado nas figuras 41 a 44.

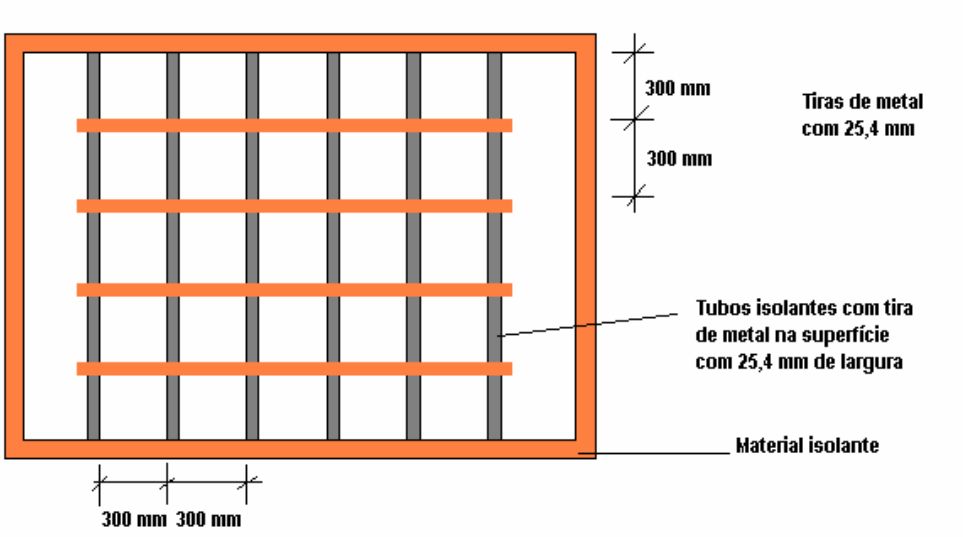

300 mm
300 mm
Tiras de metal com 25,4 mm
Tubos isolantes com tira de metal na superfície com 25,4 mm de largura
Material isolante
300 mm 300 mm

Figura 41: Vista da grade inferior do arranjo para ensaio de tensão aplicada em vara de manobra.

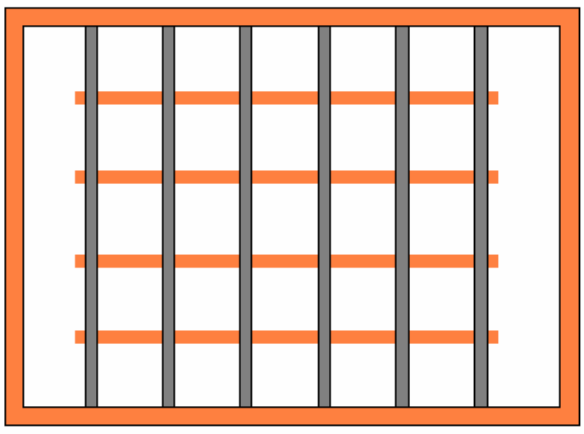


Figura 42: Vista da grade superior do arranjo para ensaio de tensão aplicada em vara de manobra.

Figura 43: Vista de perfil frontal da grade de ensaio de tensão aplicada em vara de manobra.

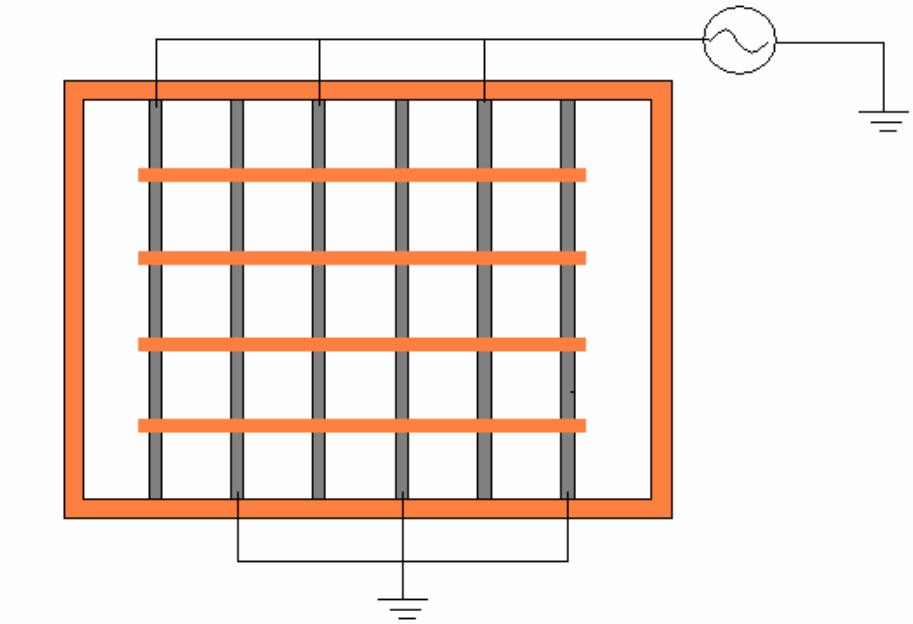


Figura 44: Vista do arranjo de ensaio de tensão aplicada em vara de manobra e ligações.

## 9.2. ENSAIO EM VARA DE MANOBRA TELESCÓPICA

A vara de manobra telescópica é um de novo ferramental adotado pelas equipes da COPEL. Os ensaios neste tipo de ferramenta podem ser fundamentados na norma ASTM F 1826-97. Deve-se salientar que até o momento não foi publicado pela ABNT o procedimento de ensaio deste equipamento.
Para a secção maciça da vara deverão ser usados os valores de tensão e corrente de fuga estabelecidos na tabela 9 ou 10. Para as secções ocas deverá ser usado o valor estabelecido na tabela 12.

Tabela 12: Valores de corrente elétrica de fuga máximo para tubos de varas de manobra telescópica segundo ASTM F 1826-97.

| **diâmetro externo (mm)** | **corrente elétrica de fuga (μA)** |
|---|---|
| 0 - 25,4 | 5 |
| > 25,4 - 31,8 | 6 |
| > 31,8 - 38,1 | 8 |
| > 38,1 - 44,5 | 9 |
| > 44,5 - 50,8 | 10 |
| > 50,8 - 63,5 | 12 |
| > 63,5 - 76,2 | 14 |

Como se trata de uma ferramenta com geometria não circular, deverá ser confeccionado em material isolante somente o anel de isolamento bipartido, como mostra a figura 45. Os

demais passos do ensaio seguem os mesmos passos já descritos anteriormente para as varas de manobra convencionais.

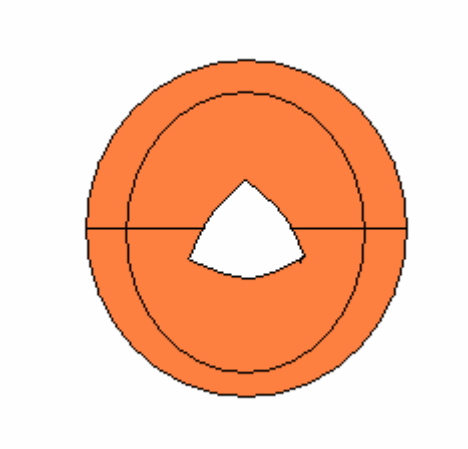


Figura 45: Vista do anel isolante bipartido a ser usado em varas de manobra telescópica.

## 10. ENSAIOS EM CORDAS ISOLANTES

O ensaio em cordas isolantes deve ser realizado com arranjo semelhantes ao usado em varas de manobras, normas ASTM 1701 e a NBR 13018. Estas normas prevêem que o ensaio deverá ser realizado com tensão aplicada de 30 kV a cada 60 cm durante 30 s e monitorada a corrente de fuga que não poderá ser superior a 50 µA. Para se monitorar a corrente de fuga, é aconselhável se usar um sistema de eletrodo com guarda, como mostra as figuras 46 e 47.

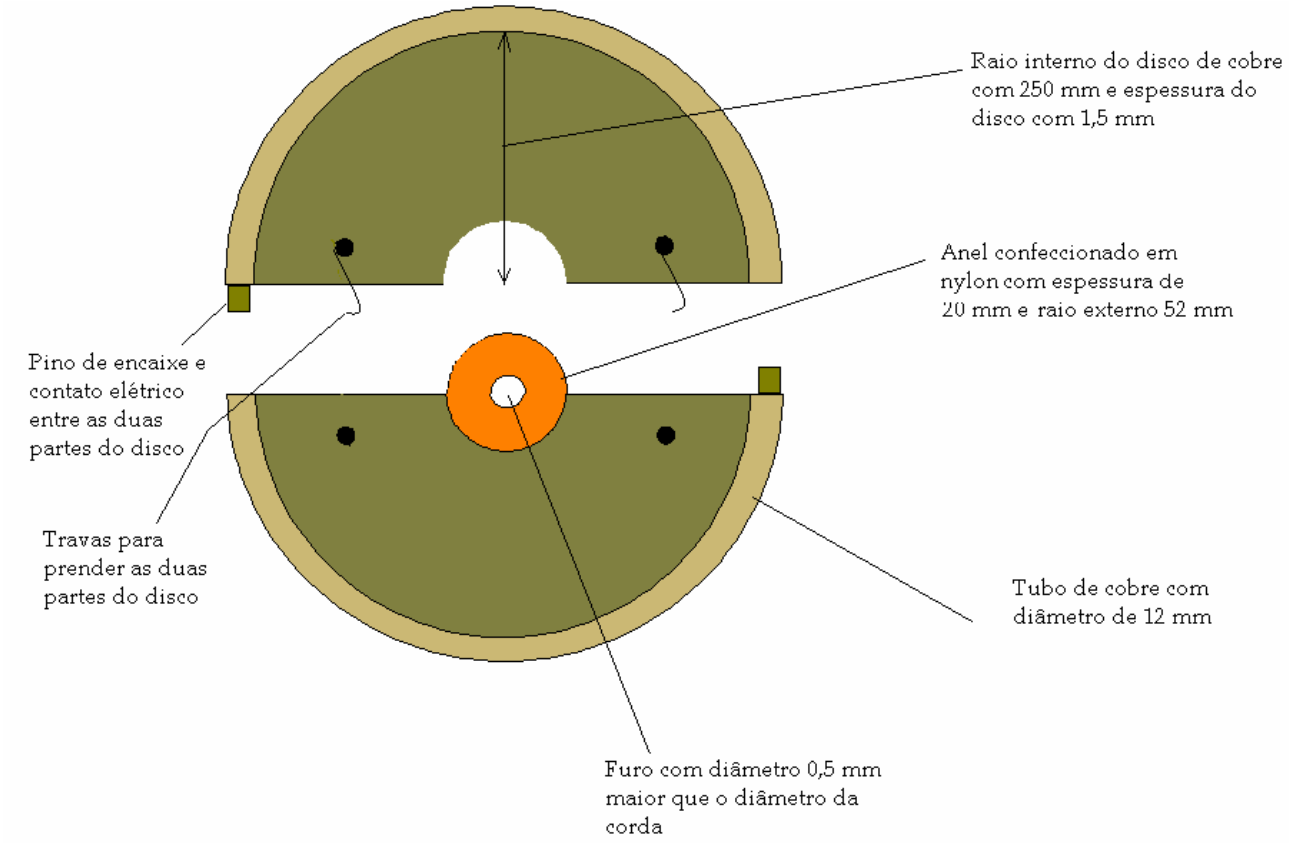

Raio interno do disco de cobre com 250 mm e espessura do disco com 1,5 mm
Anel confeccionado em nylon com espessura de 20 mm e raio externo 52 mm
Pino de encaixe e contato elétrico entre as duas partes do disco
Travas para prender as duas partes do disco
Tubo de cobre com diâmetro de 12 mm
Furo com diâmetro 0,5 mm maior que o diâmetro da corda

Figura 46: Detalhes técnicos do anel de guarda para ensaio em cordas isolantes.

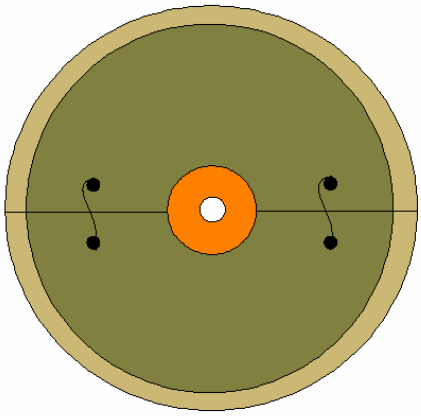


Figura 47: Vista do anele de guarda para cordas isolantes montado.

Montagem do Arranjo de ensaio.
O ensaio deve ser montado como mostra a Figura 48

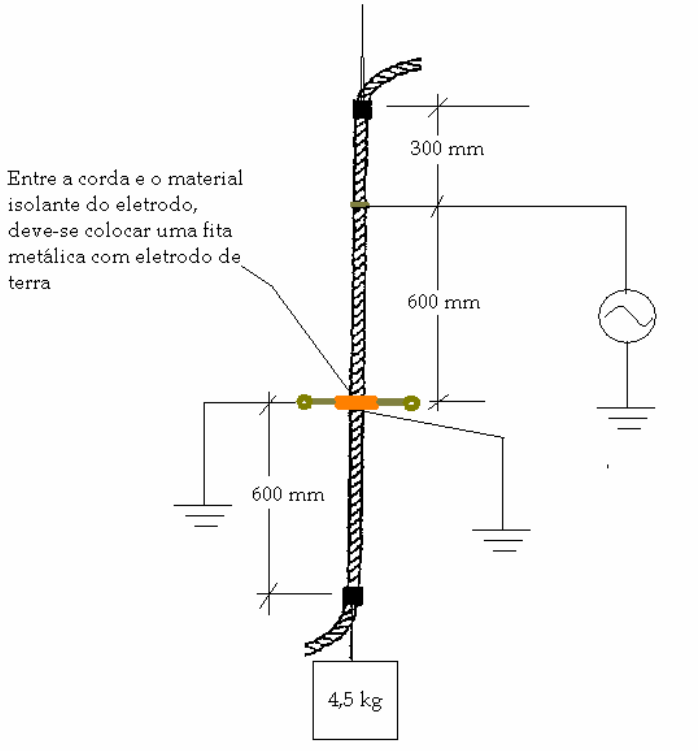

Entre a corda e o material isolante do eletrodo, deve-se colocar uma fita metálica com eletrodo de terra
300 mm
600 mm
600 mm
4,5 kg

Figura 48: Diagrama para o ensaio em cordas isolantes com anel de guarda.

Em função da quantidade de corda que a Copel possui, tem-se praticado somente o ensaio de tensão aplicada, que não é um ensaio normalizado pela ASTM e NBR. Este ensaio é mais rápido pois podem ser utilizados arranjos alternativos como o mostrado na figura 49 e figuras 93 e 94 do item 18.1, onde pode-se realizar o ensaio de tensão

aplicada em vários metros de corda, porém sem haver monitoração da corrente elétrica de fuga.

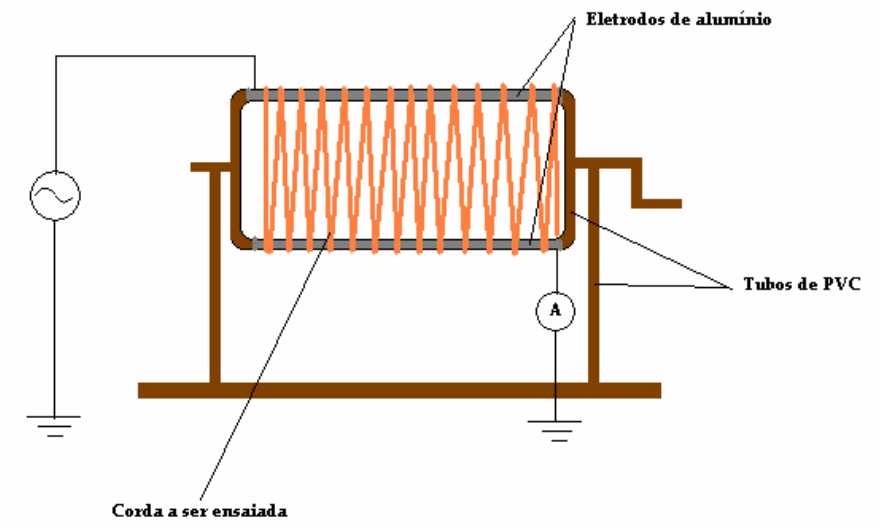



Figura 49: Sugestão de arranjo de ensaio para cordas , estropos etc.

Uma forma alternativa neste ensaio para se monitorar a corrente elétrica de fuga, consiste em medir a corrente elétrica total e dividir esta pelo número de voltas dadas no arranjo de ensaio. Por exemplo, se foram realizadas 30 voltas (18 m de corda) e a corrente elétrica total medida foi de 1,5 mA, então a corrente elétrica de cada trecho, supondo a resistividade de cada 60 cm da corda como constante será

$$I_{60} = \frac{1500.10^{-6}}{30} = 50.10^{-6} = 50\mu A$$

## 11. ENSAIOS EM ESTROPOS

Para se realizar o ensaio em estropos monta-se o mesmo arranjo de ensaio usado para ensaio em cordas isolantes, como mostra a figura.
O ensaio em estropos isolantes deve ser realizado com arranjo igual ao usado em cordas isolantes. O ensaio deverá ser realizado com tensão aplicada de 30 kV a cada 60 cm durante 30 s e monitorada a corrente de fuga que não poderá ser superior a 50 μA.

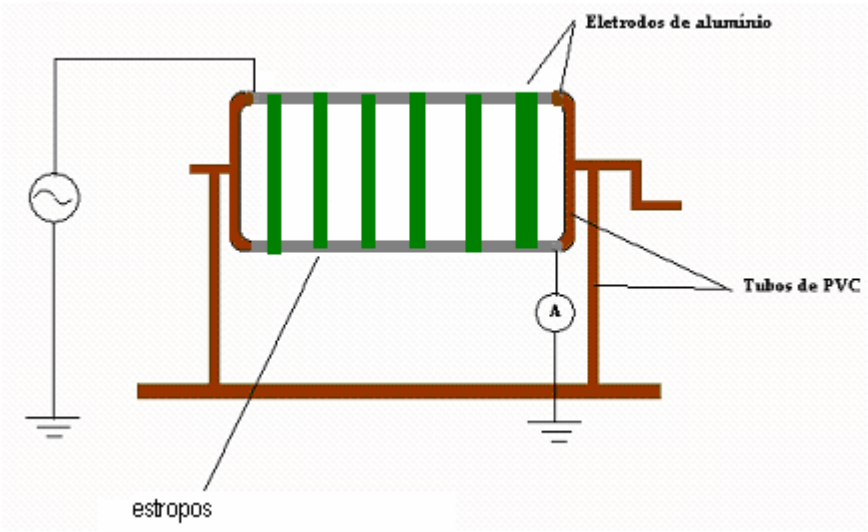



Figura 50: Arranjo para ensaio em estropos.

## 12. ENSAIOS EM LINER

O ensaio em liner de caminhão de linha viva deve ser realizado por meio de teste de tensão AC aplicada de 40 kV e respectiva medida de corrente de fuga que não poderá ser superior a 400 μA. O ensaio deve ser realizado com o liner imerso em um tanque com água em sua parte externa e interna, sendo o eletrodo de terra a parte interna e o eletrodo de potencial a parte externa, como mostra a figura 51.

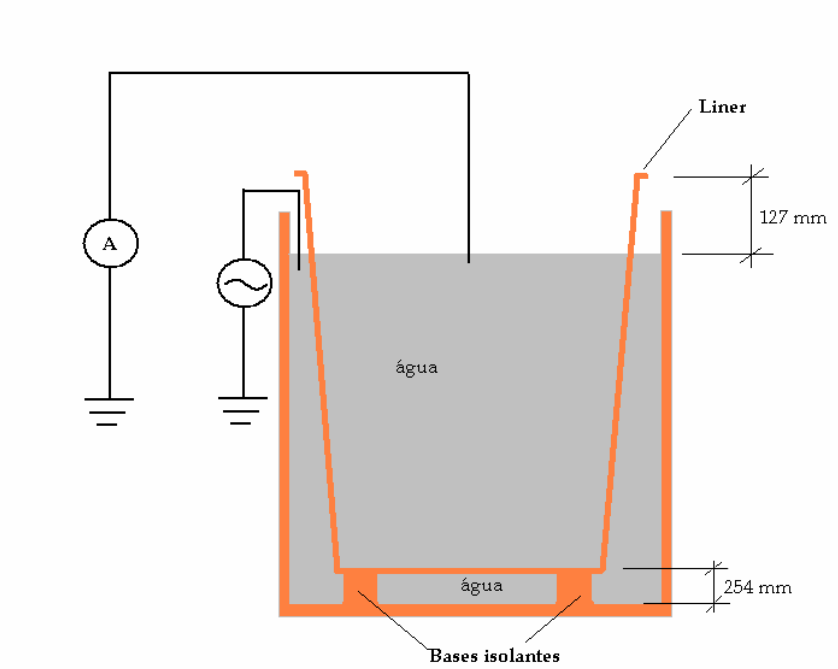



Figura 51: Diagrama de montagem e circuito para ensaio de tensão aplicada e medida de corrente elétrica de fuga do liner do caminhão de linha viva.

Para o recipiente de ensaio do liner, poderá ser usado um outro liner. As bases isolantes que apoiam o liner no fundo do recipiente devem no mínimo estar afastada em 254 mm, podendo ser mais.

## 13. ENSAIOS EM BY-PASS

Para se realizar o ensaio em by-pass, segue-se a montagem mostrada na figura 52. Os passos para a realização do ensaio devem ser:

1) Monta-se o arranjo para o ensaio.
2) Eleva-se a tensão a uma taxa de 1 kV/s AC ou 3 kV/s DC até a tensão nominal indicada na tabela 3.
3) O tempo de duração do ensaio é 3 minutos.
4) Após o término do ensaio deve-se reduzir a tensão com a mesma taxa de elevação até zerar a tensão. No caso de ensaios em DC seguir as recomendações do fabricante da fonte e tomar cuidado com a tensão de retorno.
5) Considera-se aprovado o equipamento que suportar o ensaio de tensão durante o tempo determinado.
6) Por mais que não seja solicitada a avaliação da corrente elétrica de fuga, é importante monitorar seu valor, pois pode fornecer indícios de degradação do material. As mudanças abruptas de corrente elétrica de fuga devem ser mais bem avaliadas.

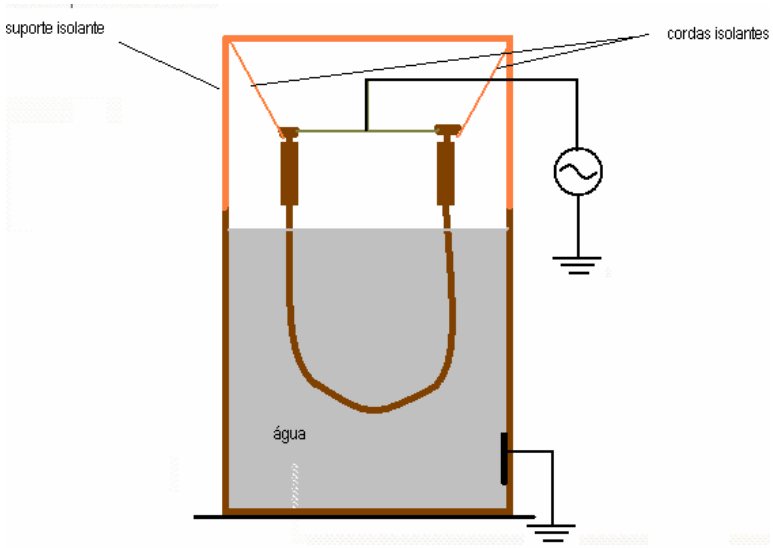



Figura 52: Diagrama para ensaio em by-pass

## 14. ENSAIOS EM FERRAMENTAS PARA ELETRICISTA

As ferramentas usadas pelos eletricistas possuem isolamento elétrico que as permite utilizar até a tensão AC de 1000 V e DC 1500 V segundo a norma UNE-EM 60900. Esta norma determina que a tensão de ensaio para o teste dielétrico da ferramenta deve ser de 10 kV, a uma taxa de elevação de 1 kV por segundo. Ao atingir-se a tensão nominal de 10 kV esta deverá ficar aplicada à ferramenta por um tempo de 3 minutos. A corrente de fuga não poderá exceder o valor de 1 mA para cada 200 mm de cobertura isolante. Por exemplo, uma chave de fenda tem uma cobertura isolante de 130 mm. Assim a corrente elétrica de fuga máxima deverá ser de:

$$\frac{1\,\text{mA}}{200} = \frac{\text{x mA}}{130}$$

$$\text{x} = \frac{130}{200} = 0{,}65\,\text{mA}$$

A corrente de fuga máxima deverá ser de 0,65 mA.

Para se realizar o ensaio o arranjo a ser usado é como o indicado na figura 53, sendo a parte do isolamento exposta ao ambiente de (24 ± 2) mm. O potencial deverá ser aplicado à parte metálica da ferramenta e o eletrodo de terra, onde deverá ser medida a corrente elétrica de fuga deverá estar ligado à água como no arranjo para ensaio de luvas isolantes.

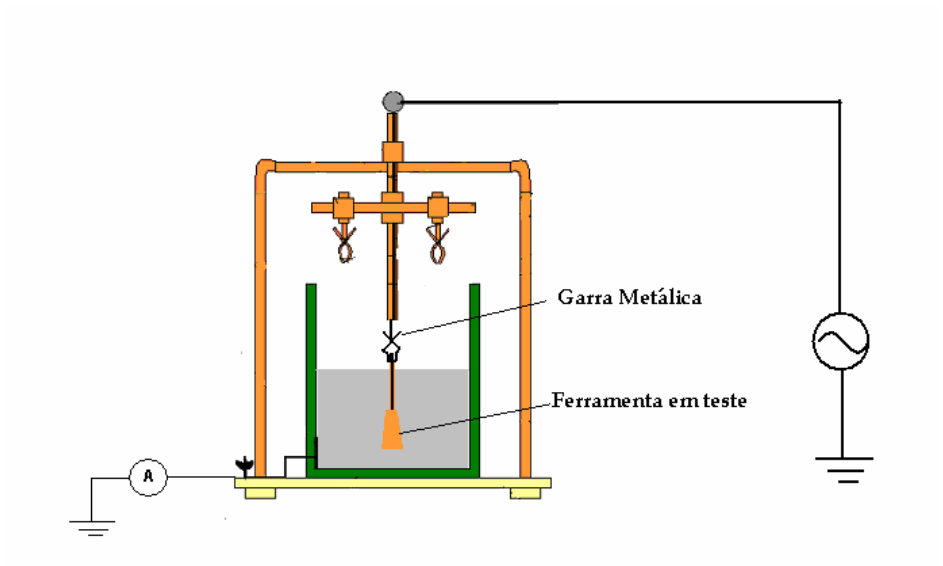



Figura 53: Arranjo para ensaio em ferramentas de eletricista e circuito elétrico para ensaio de tensão aplicada.

## 15. ENSAIOS EM MANGAS ISOLANTES

### 15.1. INTRODUÇÃO

O material abaixo descrito se baseia nas norma ASTM D 1051 – 95, Standart Specification Rubber Insulantig Sleeves e NBR 10623 Mangas isolantes de borracha.
As mangas isolantes são confeccionadas em borracha natural podendo ou não ser halogenadas. O processo de halogenação faz com que a manga se torne mais agradável ao tato. Podem ser divididas em cinco classes de isolamento e em dois tipos. Com relação ao tipo, se dividem em:

- **Tipo I – Não resistente ao ozônio**
- **Tipo II – Resistente ao ozônio**

As mangas isolantes podem ser fabricadas com estilos A e B como mostra a figura 54

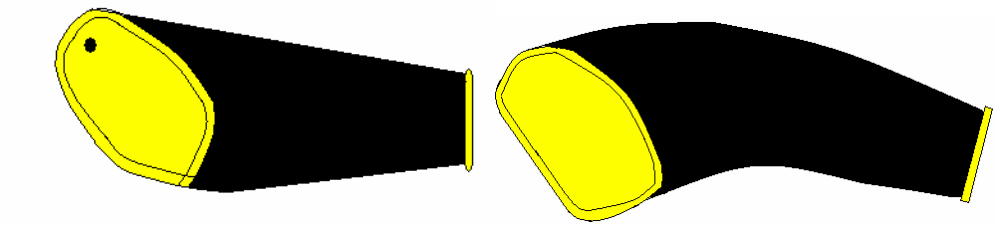


Figura 54 – Estilos de mangas isolantes. À esquerda a manga isolante do estilo A que é apresentada em forma reta. À direita a manga isolante do estilo B que é apresentada na forma curvada.

Com relação à classe de isolamento, as mangas são apresentadas como é mostrado na tabela 14.

Tabela 14 -Tensão de ensaio das mangas isolantes em função da classe de isolamento.

| Classe da manga | Tensão Máxima de uso (kV) | Tensão de Ensaio AC (kV) | Tensão de Ensaio DC (kV) |
|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 5 | 20 |
| 1 | 7,5 | 10 | 40 |
| 2 | 17 | 20 | 50 |
| 3 | 26,5 | 30 | 30 |
| 4 | 36 | 40 | 70 |

### 15.2. ENSAIO ELÉTRICO DE ROTINA

As mangas isolantes devem ser ensaiadas a cada doze meses, ou quando se achar necessário em função de suspeita do isolamento oferecido pela ferramenta. Deve-se salientar que a manga isolante é uma forma de barreira usada pelo eletricista e o protege

do eventual contato com as partes elétricas energizadas, não sendo portanto classificada como ferramenta de contato mais sim como ferramenta de toque.

Para a realização do ensaio de tensão aplicada, várias montagens são sugeridas, em função da classe de isolamento da manga e seu tipo. Abaixo são apresentados os arranjos recomendados.

## 15.3. CONDIÇÕES DE ENSAIO

O ensaio deve ser realizado observando-se as seguintes condições:
- A manga deve estar limpa e seca sem o uso de estufa;
- A montagem física para ensaio da manga deve ser uma das quatro descritas adiante conforme esquemas das respectivas figuras;
- A manga não deve estar virada do avesso;
- Os níveis de água no recipiente e no interior da manga devem coincidir (quando for o caso);
- As partes da manga acima da linha da água ou não diretamente em contato com o eletrodo(áreas não submetidas diretamente a d.d.p.) devem estar seca;
- Devem ser mantidas as distâncias conforme tabela 15, de acordo com a classe de tensão e tolerância;

Tabela 15: Distância entre eletrodos em função da classe de isolamento da manga isolante

| Classe da manga | Tensão Máxima de uso (kV) | Tensão de Ensaio AC (kV) | Tensão de Ensaio DC (kV) | Distância entre Eletrodos(mm) |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 5 | 20 | 76 |
| 1 | 7,5 | 10 | 40 | 76 |
| 2 | 17 | 20 | 50 | 127 |
| 3 | 26,5 | 30 | 30 | 178 |
| 4 | 36 | 40 | 70 | 254 |

- O eletrodo deve atuar de modo a aplicar a tensão elétrica uniformemente sobre toda a área sob ensaio sem produzir efeito corona em qualquer ponto ou esforços mecânicos na manga;
- A água utilizada no ensaio deve estar isenta de bolhas e materiais em suspensão;
- O ensaio deve ser realizado à temperatura ambiente.

## 15.4. MONTAGEM INVERTIDA (TENSÕES ATÉ 10kV CA OU 50kV CC)

a) Inverter meia manga, puxando o punho através de sua parte interna até formar uma cuba anular;
b) Mergulhar, parcialmente, a manga na água contida numa cuba, preenchendo com água o recipiente formado pela inversão da manga de modo que as extremidades (ombro e punho) permaneçam emersas.

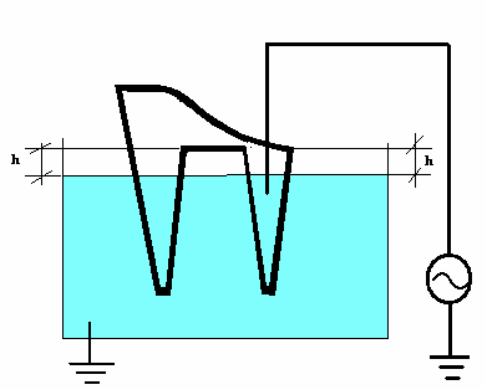



Figura 55-Montagem com manga invertida

## 15.5. MONTAGEM EM U (TENSÕES ATÉ 10kV CA OU 50kV CC)

a) Utilizar um cilindro de material não condutor, de peso específico maior que o da água para dobrar a manga, aproximadamente na linha média entre o punho e o ombro;
b) Mergulhar, parcialmente, a manga na água contida numa cuba, preenchendo com água o recipiente formado pela manga dobrada, de modo que as extremidades (ombro e punho) permaneçam emersas.

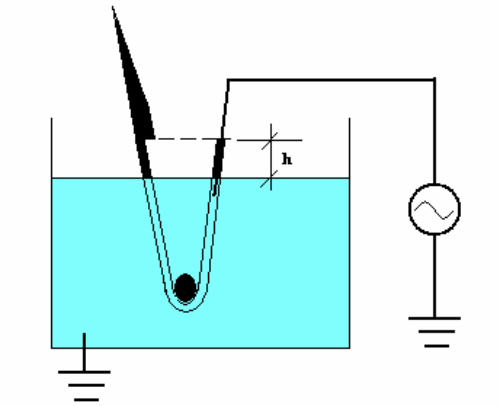



Figura 56-Montagem em U

## 15.6. MONTAGEM RETA (TODAS AS TENSÕES)

a) Depositar uma camada de líquido de alta rigidez dielétrica sobre o fundo da cuba com profundidade de 100 mm aproximadamente. Tal líquido deve ter peso específico maior que o da água e deve ser insolúvel nesta;
b) Em seguida, sobre o referido líquido, colocar água até o nível desejado;
c) Mergulhar a extremidade do punho da manga na água, atingindo o líquido, até o valor de h recomendado para a classe de isolamento da manga, seguindo os valores da tabela 6, abaixo da superfície de separação entre os dois líquidos. O líquido separa e isola eletricamente a água contida internamente à manga da água contida externamente.

Observações:
- Alguns líquidos dielétricos são tóxicos, consequentemente, devem ser observadas as recomendações do fabricante;
- Um líquido dielétrico satisfatório é o triclorotrifluoretano (Freon – RB 113);
- Devem ser observados intervalos de tempo compatíveis entre montagem e execução do ensaio, e entre um ensaio e outro, tendo em vista a perda da rigidez dielétrica do líquido ao misturar-se com água;
- Pode ser necessário aumentar a profundidade de imersão da extremidade da manga (punho) no líquido dielétrico, nos ensaios com tensões mais elevadas.

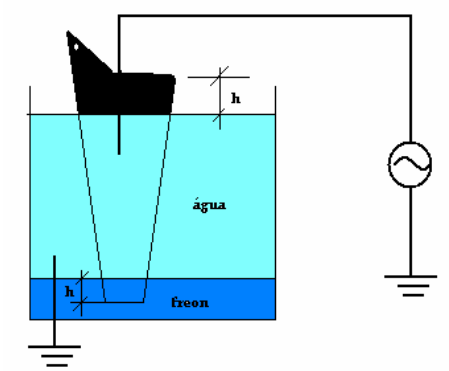


Figura 57:Montagem com a manga reta.

## 15.7. EXECUÇÃO DO ENSAIO

1 – Preferencialmente deve-se realizar o ensaio de tensão aplicada e medida de corrente elétrica de fuga com forma de tensão igual a que se tem onde se aplica a ferramenta.
2 – Antes de se realizar o ensaio deve-se limpar a luva interna e externamente com produtos neutros. Nunca usar derivados de petróleo em materiais confeccionados em borracha natural.
3 – Para a realização do ensaio o material deve estar seco. Recomenda-se que a limpeza seja realizada 24 h antes do ensaio. Não utilizar estufa para secagem do material.
4 – Após a realização do ensaio recomenda-se antes da utilização da ferramenta a secagem desta por 24 h.
5 – Durante a limpeza inicial da manga, e após o ensaio, inspecionar visualmente esta, com o objetivo de verificar se existem fissuras, riscos, furos ou processos de degradação na ferramenta. Toda e qualquer alteração deve se relatada no laudo de ensaio.
6 – As condições ambientais consideradas ótimas para a realização do ensaio são umidade relativa igual ou inferior a 70% e temperatura ambiente entre 20 ºC e 25 ºC. O ambiente de ensaio deve estar limpo e isento de poeira ou particulado suspenso no ar. A não observação destas condições poderá produzir resultados não confiáveis.
7 - A tensão deve ser aplicada como indicado na tabela 6, a uma taxa de 1 kV/s AC e 3 kV/s DC. Após atingir a tensão nominal de ensaio, a tensão deverá permanecer aplicada por um tempo de 3 minutos. Ao término deste tempo deve-se reduzir a tensão até 50% do valor aplicado com a mesma taxa de elevação, quando a fonte poderá ser desligada.
O passo seguinte é realizar o aterramento da fonte.

Observação: Não ultrapassar o valor de tensão de ensaio especificados para cada classe de isolamento.

Além dos ensaios propostos pelo antigo MIT, existem os ensaios que foram desenvolvidos pelas equipes da COPEL e LACTEC, os quais estão propostos em seguida.

## 15.8. ENSAIO COM MANGA RETA USANDO ESFERAS DE ALUMÍNIO COMO ELETRODOS

Trata-se de uma nova metodologia de ensaio que foi testada na Copel e Lactec e poderá ser aplicada pelas equipes da COPEL. Esta metodologia prevê a substituição dos eletrodos de água por esferas de alumínio com diâmetro máximo de 4 mm, porém se forem utilizadas esferas com menor diâmetro melhor será a qualidade do ensaio.

Observações:

a) As esferas de alumínio devem possuir um diâmetro máximo de 4 mm.
b) Após a utilização, as esferas devem ser armazenadas de forma a não sofrerem oxidação. Caso se perceba a formação de alumina nas esferas estas devem ser limpas ou substituídas. Para se realizar a limpeza das esferas aconselha-se colocá-las em um saco de pano e friccioná-las umas as outras. Após este processo ventilá-las.
c) Para confeccionar os revestimentos interno e externo do punho da manga, utiliza-se mangas velhas como pode ser visto na figura 55. O tamanho deste revestimento deve ter tamanho igual ao estabelecido na tabela 02 do MIT 161703, dividido por 2 (por exemplo, para a classe 2 o valor da tabela é 127 mm que dividido por 2 resulta arredondado em 64 mm) dependendo da classe de isolamento de cada ferramenta. Os revestimentos interno e externo deverão estar em perfeito contato com a manga a ser ensaiada, podendo colocar em risco a ferramenta se este detalhe não for observado. Por exemplo, para uma manga de classe 2 o tamanho dos revestimentos deve ser de 64 mm.

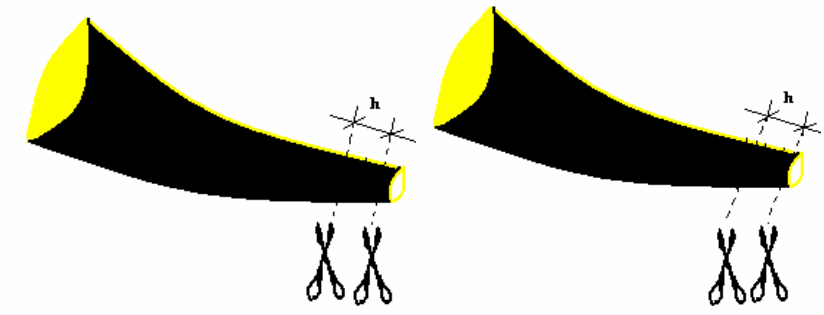
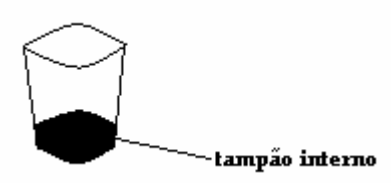



Figura 55: À esquerda o corte para o revestimento externo do punho que deve ser cortado um pouco acima do punho para ter um diâmetro maior. À direita o corte do revestimento interno do punho que deve ser cortado o mais próximo possível do punho para que tenha um diâmetro interno menor.

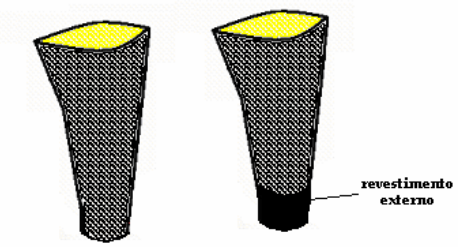
d) O tampão de vedação interno deve estar perfeitamente ajustado ao punho da manga, não podendo esforçá-lo mecanicamente. Caso exista esforço excessivo poderá ocorrer à ruptura da manga nesta região.



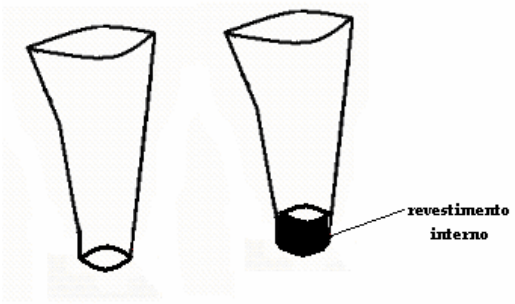

e) Para cada tipo de manga, dependendo de sua classe, tipo e fabricante, os punhos terão tamanhos diferentes, havendo necessidade em cada caso de um novo revestimento interno e externo bem como um tampão interno com o diâmetro que se ajuste ao diâmetro interno do punho.

Passos para o Ensaio.

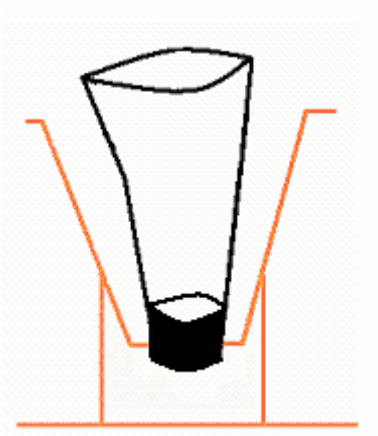
1 – Revestir externamente a manga, com o revestimento preparado.



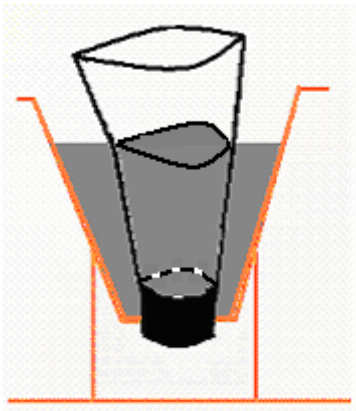

2 – Colocar o revestimento interno com o tampão, sem deformar mecanicamente o punho da manga a ser ensaiada.



3 – Colocar a manga de forma reta dentro do recipiente de ensaio, posicionando o punho da manga de acordo com a classe de isolamento desta (ver Tabela 01).



4 – Preencher simultaneamente as partes internas e externas da manga com as esferas, a fim de não deformar a manga, até a altura recomendada para cada classe de isolamento.



5 – Realizar o ensaio como nos demais casos de ensaio de mangas isolantes, como mostrado na figura 56.

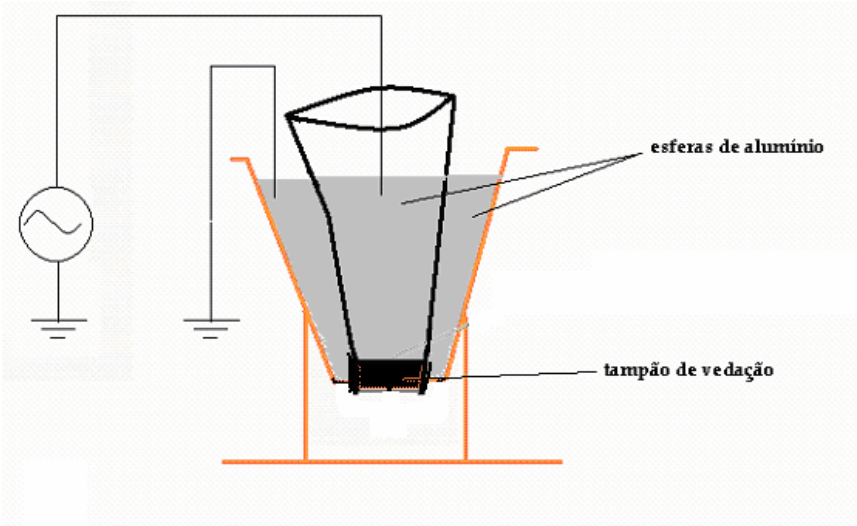
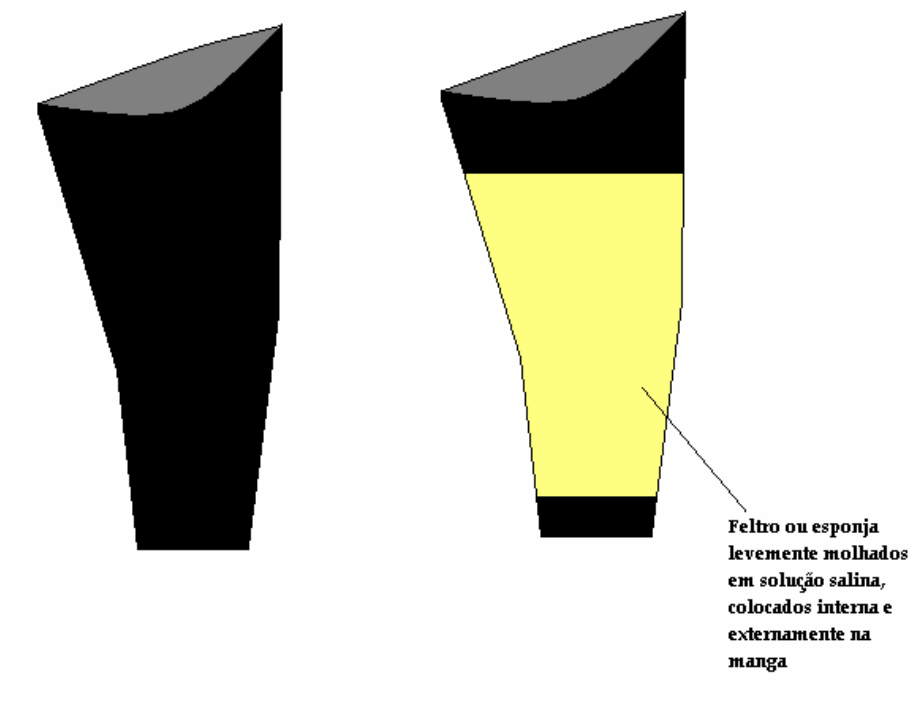



Figura 56: Diagrama para ensaio em mangas isolantes de todas as classes de tensão.

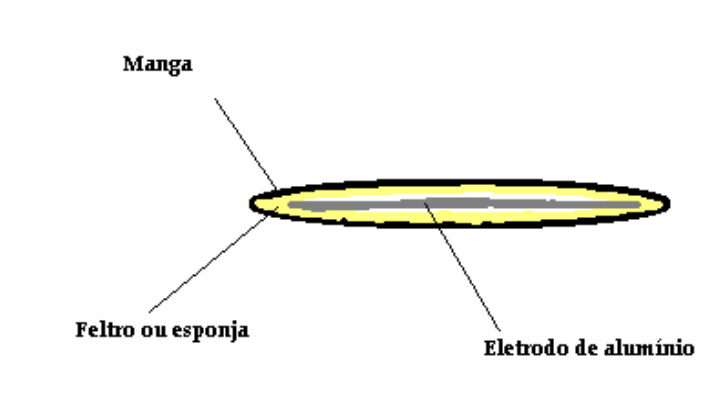
## 15.9. ENSAIO COM MANGA RETA USANDO ELETRODOS DE ESPONJA OU FELTRO

Outro arranjo de ensaio possível de ser usado para estas classes de tensão é o ensaio com esponja ou feltro umedecidos em solução salina, como mostra a figura 60, cujos passos para a realização do ensaio são descritos abaixo.

1 º Passo: Revestem-se as partes interna e externa da manga com o feltro molhado em solução salina.



2 º Passo: Na parte interna da manga, sobre o feltro coloca-se um eletrodo de alumínio com as mesmas medidas do feltro ou esponja.




3 º Passo: Reveste-se a parte externa da manga com o feltro ou esponja, e sobre esta se coloca os eletrodos de alumínio externos.

4 º Passo: Realiza-se o ensaio como mostra o diagrama abaixo

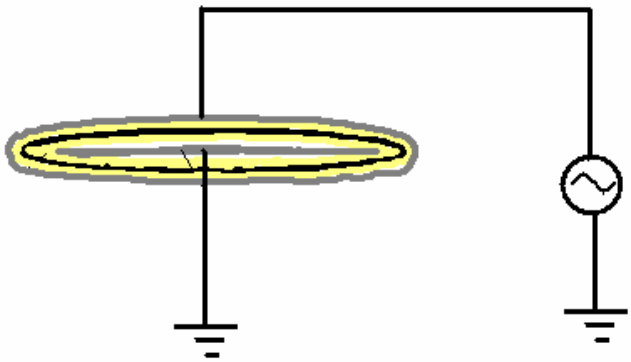


Figura 60: Diagrama para ensaio em mangas isolantes de todas as classes de tensão com esponja ou feltro.

Observação:

O feltro ou esponja deve estar levemente umedecido em solução salina. Recomenda-se o uso de mata-borrão para eliminar o excesso da água dos feltros ou esponjas.

## 15.10. ENSAIO COM MANGA RETA E FLUÍDO DIELÉTRICO MAIS DENSO QUE A ÁGUA

Outra forma de se realizar ensaio em mangas isolantes de todas as classes de tensão é a utilização de fluido dielétrico mais denso que a água. Nesse caso coloca-se no fundo do recipiente o fluido VERTREL® e sobre este se coloca a água. A manga, de forma reta deve ser colocada dentro do conjunto com o punho imerso no fluido isolante. A imersão do punho deve seguir a distância de separação entre os eletrodos estabelecida para cada classe de tensão. A figura 61 mostra o arranjo para este tipo de ensaio.

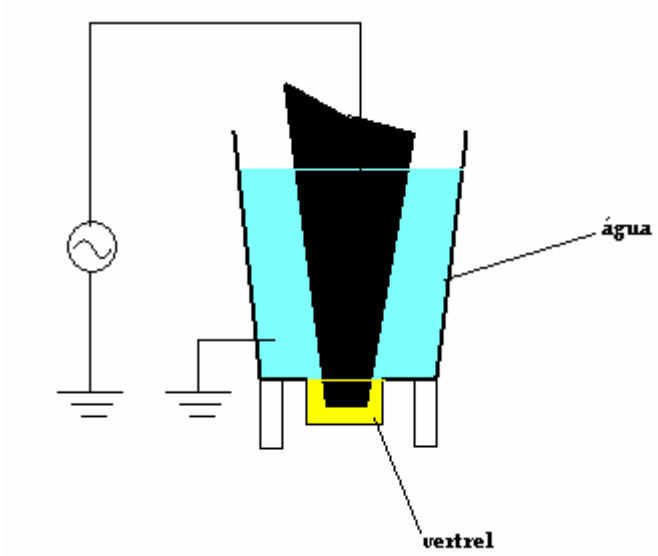


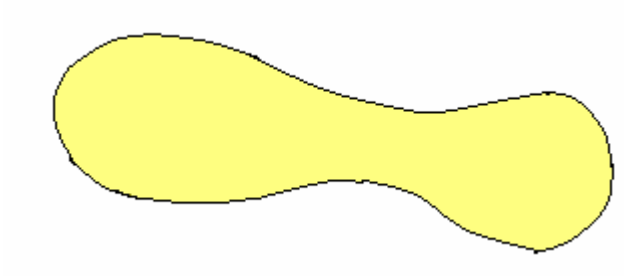

Figura 61: Arranjo para ensaio com manga reta usando o vertrel. Na base do arranjo, deve-se ter um pequeno recipiente com profundidade de 17 cm e largura de 15 cm para armazenar o vertrel.

Observação:

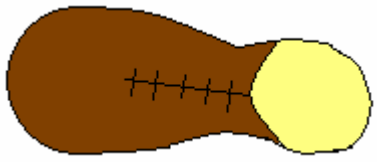
Quando se utilizar o vertrel ou freon HCFC 113, verificar diariamente a rigidez dielétrica do mesmo, pois em contato com a borracha o fluído perde suas propriedades dielétricas de isolante.

## 16. ENSAIO EM CALÇADO DE ELETRICISTA

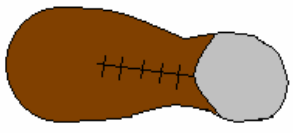
O ensaio em calçado para eletricista, visa avaliar a resistência do solado a passagem de corrente elétrica, e baseia-se na NBR 12576 e ASTM F 1117.
Para a realização do ensaio necessita-se de uma placa de alumínio ou cobre com espessura máxima de 0,4 mm, cortada com a forma interna do calçado, ou seja, na forma de palmilha. Serão necessários 4 kg de esferas de aço inox com diâmetro 5 mm de acordo com a norma DIN 5401, mata-borrão com espessura de 0,5 mm, feltro e sal de cozinha.
Passos para a montagem do arranjo de ensaio.
1 – Mistura-se sal de cozinha à água numa solução de 1%
2 – Corta-se o feltro de modo a cobrir no mínimo 60% da palmilha do calçado



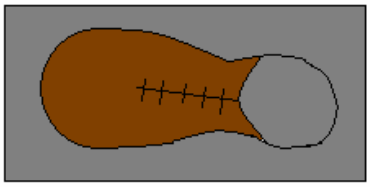
3 – Molha-se o feltro na solução salina por aproximadamente 20 s, e retira-se o excedente com mata-borrão.
4 – Coloca-se o feltro molhado sobre a palmilha do calçado



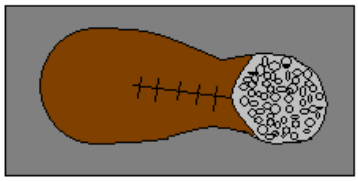
5 – Coloca-se o eletrodo de alumínio sobre o feltro.



6 – Coloca-se o calçado sobre uma placa metálica que servirá como eletrodo



7 – Coloca-se os 4 kg de esferas de aço dentro do calçado sobre o eletrodo de alumínio e palmilha.



8 – Monta-se o diagrama da figura 62.

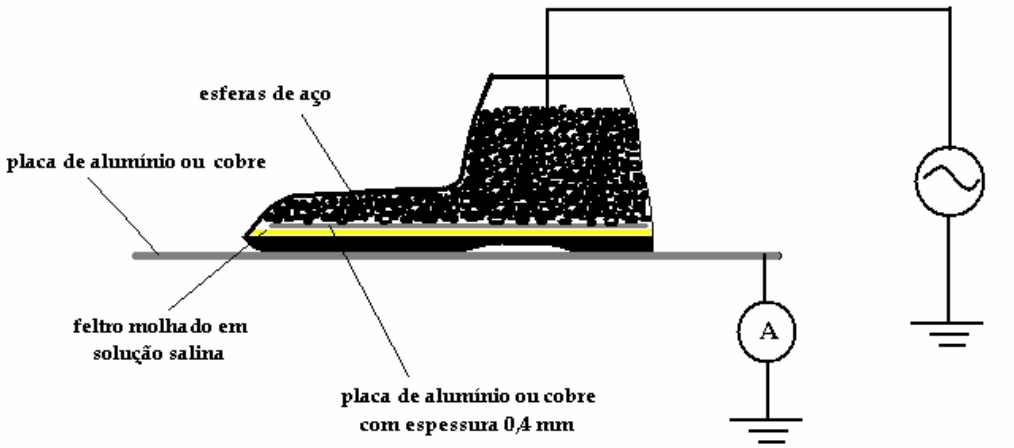

esferas de aço
placa de alumínio ou cobre
feltro molhado em solução salina
placa de alumínio ou cobre com espessura 0,4 mm
A

Figura 62: Diagrama para ensaio em calçado para eletricista.

Passos para a realização do ensaio

1 - Aplica-se uma tensão AC de 1 kV/s sobre o calçado até atingir 14 kV (NBR) ou 15 kV (ASTM), durante o tempo mínimo de 1 minuto e no máximo 3 minutos

2 – Após o término do tempo de ensaio reduz-se a tensão gradualmente de 1 kV/s até zerar.

3 – Aterra-se o conjunto.

4 - O calçado deverá suportar a tensão de 14 kV pela NBR e 15 kV pela ASTM pelo tempo mínimo de 1 minuto e no máximo 3 minutos. Será considerado aprovado o calçado que suportar a tensão aplicada e tiver uma corrente de fuga que não ultrapassar 18 mA.

# 17. ENSAIOS EM CAMINHÕES DE LINHA VIVA

## 17.1. DISPOSIÇÕES PRELIMINARES

### 17.1.1. Objetivo

Estabelecer os procedimentos e critérios a serem adotados na execução dos ensaios de isolamento e nos dispositivos de segurança de hidroelevadores adaptados a caminhões e cestas aéreas isoladas.

### 17.1.2. Âmbito de Aplicação

A presente instrução deve ser observada por todos os órgãos da Copel Distribuição S.A. responsáveis pela execução de ensaios e manutenção.

### 17.1.3. Generalidades

Neste MIT, são descritos em detalhes todos os ensaios que são feitos em hidroelevadores, cestas aéreas isoladas e acessórios.
O texto apresentado a seguir foi baseado na norma técnica ABNT citada, na versão do MIT atual, em literatura fornecida por fabricantes de cestas aéreas isoladas e concessionárias de energia (disponíveis na Internet) e em nossa experiência na execução de ensaios em cestas aéreas isoladas no Laboratório de Alta Tensão do LACTEC.
Para maiores detalhes e especificidades a norma técnica NBR 14631/00 devera ser consultada.

## 17.2. ENSAIO DE TENSÃO APLICADA

### 17.2.1. Introdução

A norma ABNT NBR 14631/00 define Cesta Aérea Isolada como sendo um equipamento veicular dotado de braço móvel, seja extensível, articulado, ou ambos, projetado e usado para posicionar pessoal, com componentes dielétricos, projetado e ensaiado para possuir taxa de isolamento elétrico específico.
Os principais componentes de uma Cesta Aérea Isolada são:
- chassis (caminhão);
- torre (estrutura fixada ao veículo e na qual é instalado o braço móvel);
- braço móvel (componente da cesta que sustenta e movimenta a caçamba);

- haste isolante (parte isolada do braço móvel);
- Sistema de Isolamento do Chassi;
- Sistema de Eletrodos Inferior;
- caçamba;
- cuba isolante (componente da caçamba destinado a aumentar sua isolação elétrica).

### 17.2.1.1. Categorias

As cestas aéreas isoladas são classificadas em 3 categorias: A, B e C.
As cestas da Categoria A proporcionam isolamento suficiente para que o operador trabalhe com a mão nua (ao potencial).
Nas cestas da Categoria B o operador deve usar luvas isolantes.
As cestas da Categoria C são destinadas a trabalhos com tensões de até 46 kV. Nesse tipo de cesta o operador também necessita usar luvas isolantes.
A categoria a que pertence uma determinada cesta aérea deve constar em sua placa de identificação.

### 17.2.1.2. Sistema de Eletrodos de Ensaio Inferior

Pela norma ABNT NBR 14631/00, os caminhões das categorias A e B devem obrigatoriamente ser equipados com um dispositivo denominado de “Sistema de Eletrodos de Ensaio Inferior”.
Esse dispositivo permite que a corrente de fuga de todas as linhas hidráulicas e eventuais linhas óticas e pneumáticas e demais componentes existentes no interior da haste isolante seja medida juntamente com a corrente de fuga da haste propriamente dita.
A corrente de fuga da haste isolante é captada através de duas bandas condutivas (uma interna e outra externa).

### 17.2.1.3. Sistema de Isolamento do Chassi

Algumas cestas aéreas isoladas possuem o denominado “Sistema de Isolamento do Chassi”
Esse termo designa todo o isolamento entre o chassi e o braço móvel (o que sustenta a haste isolante) (ver figura 64).
Esse isolamento deve ser capaz de proporcionar isolamento do chassi em caso de contato acidental da parte metálica logo abaixo da haste isolante com uma linha energizada.

### 17.2.2 Ensaio de Tensão Aplicada

### 17.2.2.1. Ensaio em Laboratório ou em Oficina

O ensaio de tensão aplicada deve ser realizado separadamente nos seguintes componentes da Cesta Aérea Isolada:
- Haste Isolante
- Sistema de Isolamento do Chassi (se houver)
- Cuba(s) Isolante(s) (se houver(em))

É importante que o ensaio seja realizado sempre da mesma forma para que se obtenha repetibilidade, e assim, os valores de corrente de fuga medidos ao longo do tempo possam ser comparados.

Devem ser observados e anotados os seguintes dados:

- Identificação do objeto sob ensaio;
- Marca, modelo e placa do caminhão;
- Marca, modelo, categoria e ano de fabricação da Cesta Aérea Isolada;
- Identificação do medidor de corrente utilizado;
- Tipo (analógico ou digital);
- Marca, tipo, número de série;
- Se a haste isolante é do tipo articulado ou telescópico;
- Se a cesta aérea possui Sistema de Eletrodos de Ensaio Inferior ou não;
- A posição da haste isolada durante o ensaio;
- A localização do medidor de corrente utilizado;
- Se o chassi do caminhão está aterrado ou isolado, durante o ensaio;
- Se existem estruturas próximas ao caminhão (por exemplo: paredes, outros veículos ao lado, etc). A presença de grandes estruturas nas proximidades do caminhão sob ensaio pode influenciar no valor de corrente de fuga medido.

#### 17.2.2.1.1. Ensaio na Haste Isolante

Existem dois tipos de braços móveis (e consequentemente de hastes isoladas):
a) articulada: quando possui duas ou mais seções pivotadas entre si;
b) telescópica: quando for extensível.

O ensaio deve ser realizado na seguinte seqüência:

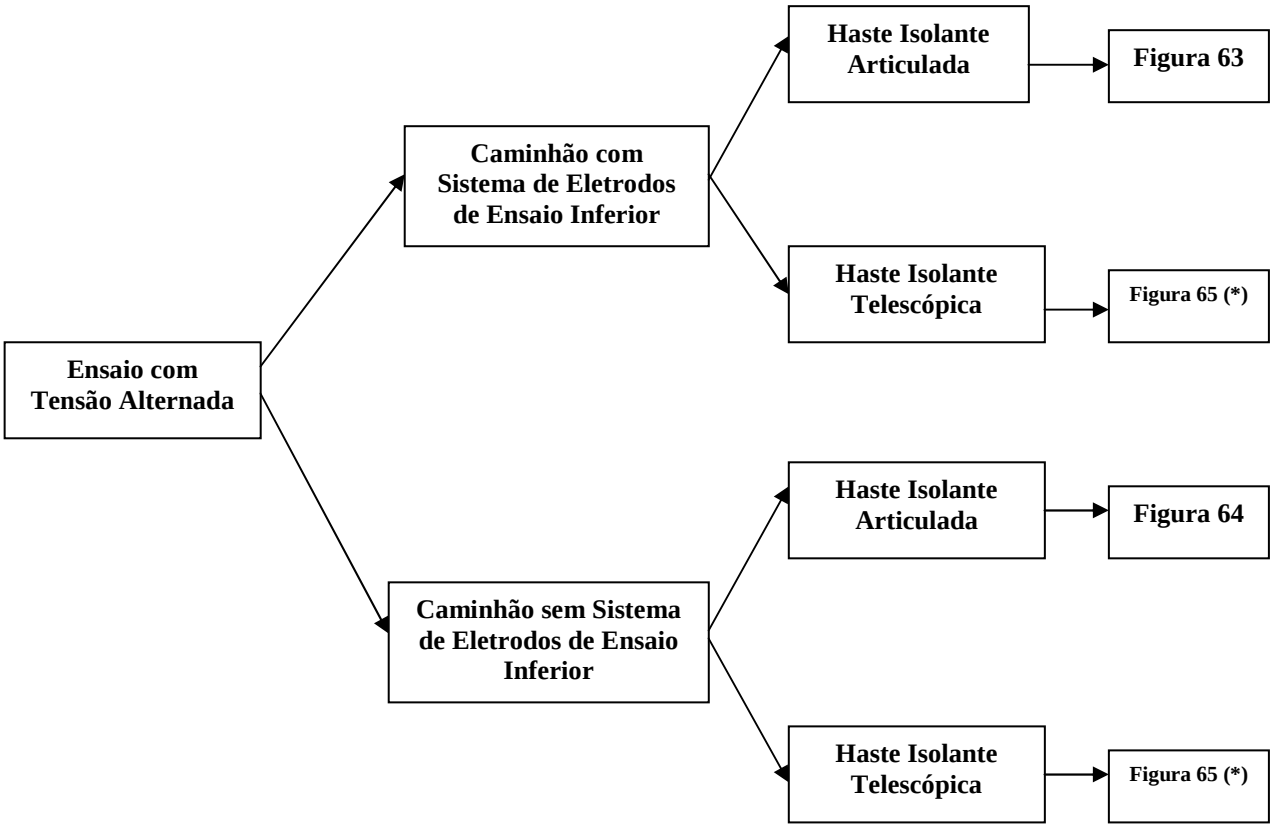
**1) Procedimentos Iniciais:**

a) certificar-se de que todas as partes em metal entre a caçamba e o isolamento estejam conectadas eletricamente durante o ensaio;
b) certificar-se de que todas as linhas hidráulicas que cruzem a seção isolada estejam completamente cheias de óleo;
c) no caso de hastes isolantes do tipo articulada, “jampear” as articulações;
d) jampear o Sistema de Isolamento do Chassi (se houver);

e) definir se o ensaio será realizado com tensão alternada ou com tensão contínua;
f) verificar se o caminhão possui Sistema de Eletrodo de Ensaio Inferior. Em caso positivo, certificar-se de que todas as linhas (hidráulicas, pneumáticas, óticas, etc) e bandas condutivas (interna e externa) estejam efetivamente conectadas com o terminal para medição da corrente de fuga;
g) verificar se há facilidade para isolar o chassi do caminhão ou não (se é possível levantar o caminhão mantendo-o apoiado sobre as sapatas);
h) verificar a categoria do caminhão (A, B ou C). Normalmente os caminhões destinados a trabalhar em sistemas de distribuição (13,8 e 34,5 kV) são de Categoria C. Os destinados a trabalhar em sistemas de transmissão usualmente são de Categoria B;
i) verificar a Tensão de Qualificação do caminhão.

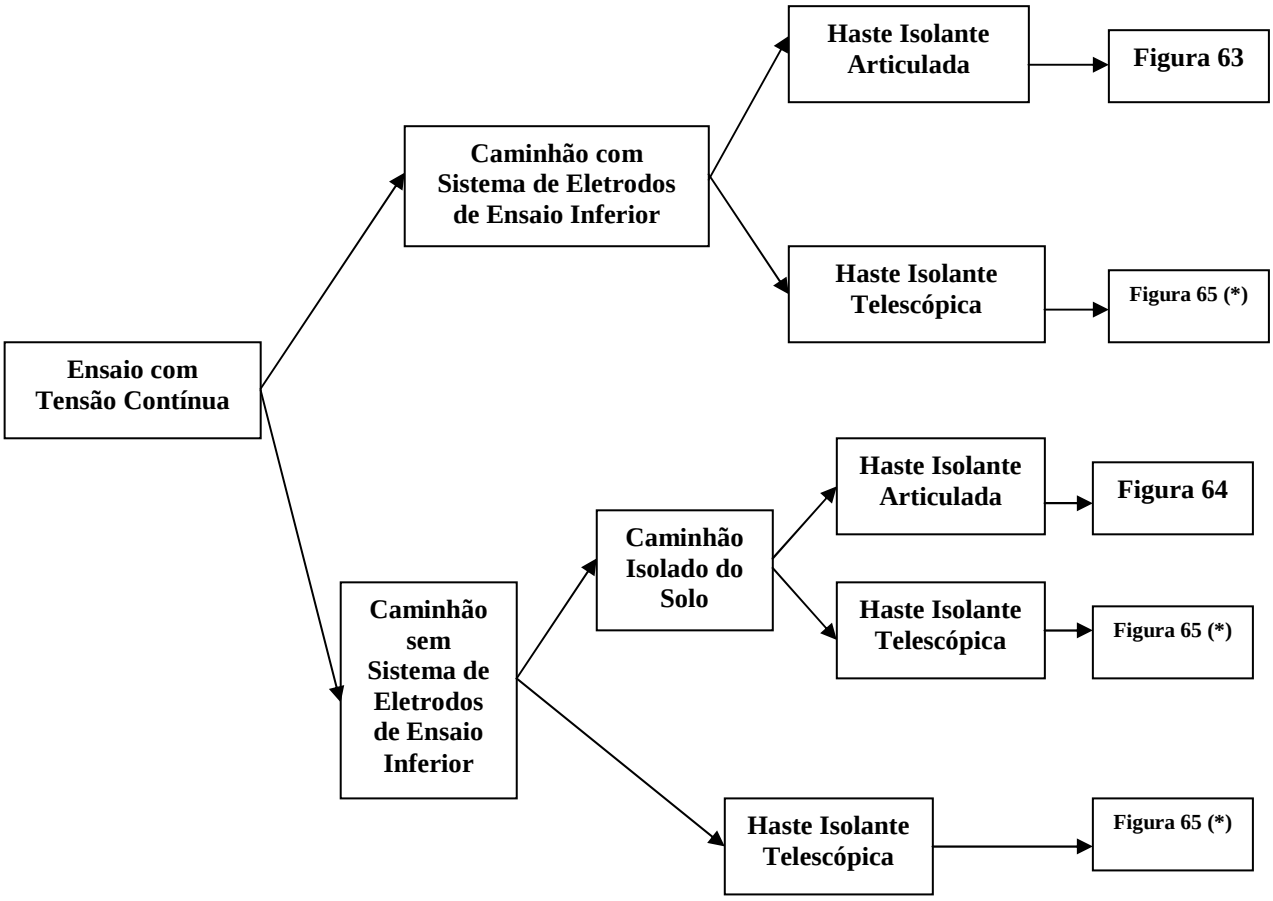
## 2) Escolha da Configuração de Ensaio

Dependendo do tipo de cesta área isolante a ser ensaiada, do tipo de fonte disponível e da facilidade para isolar o caminhão ou não, escolhe-se a configuração desejada, conforme esquemas 01 e 02 a seguir.




**Esquema 01– Ensaio com Tensão Alternada**

(*) A figura 65 indica apenas a posição da haste isolante telescópica para ensaio. Para as demais condições de ensaio (aterramento do chassi, localização do medidor), ver tabela 16




**Esquema 02– Ensaio com Tensão Contínua**

(*) A figura 65 indica apenas a posição da haste isolante telescópica para ensaio. Para as demais condições de ensaio (aterramento do chassi, localização do medidor), ver tabela 16

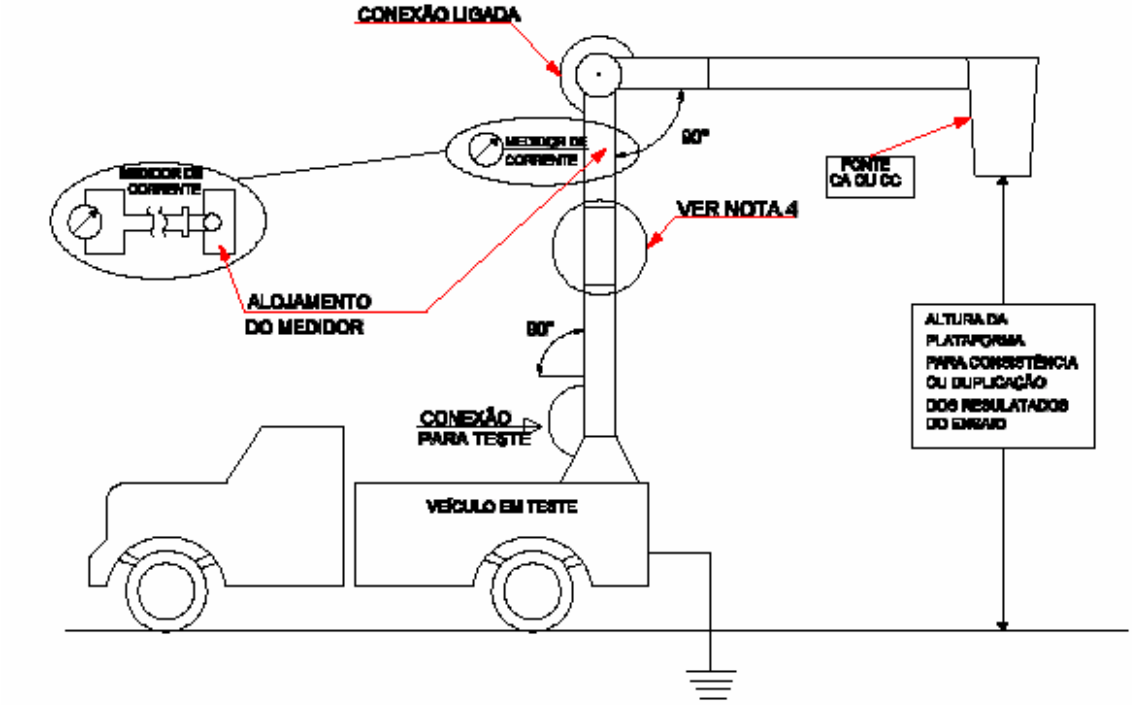



Figura 63 – Configuração do ensaio dielétrico para cestas aéreas – Categorias A e B

Observações:

1- Conexão do cobre (7,5mm de diâmetro) pode ser instalada somente durante o ensaio ou permanentemente.
2- Estas posições dos braços são para ensaios em local aberto. Outras posições são aceitáveis, quando em ensaio em locais fechados.
3- O veículo deve estar aterrado.
4- Detalhes do sistema do isolamento do chassi jampeado são apresentados na figura 66.

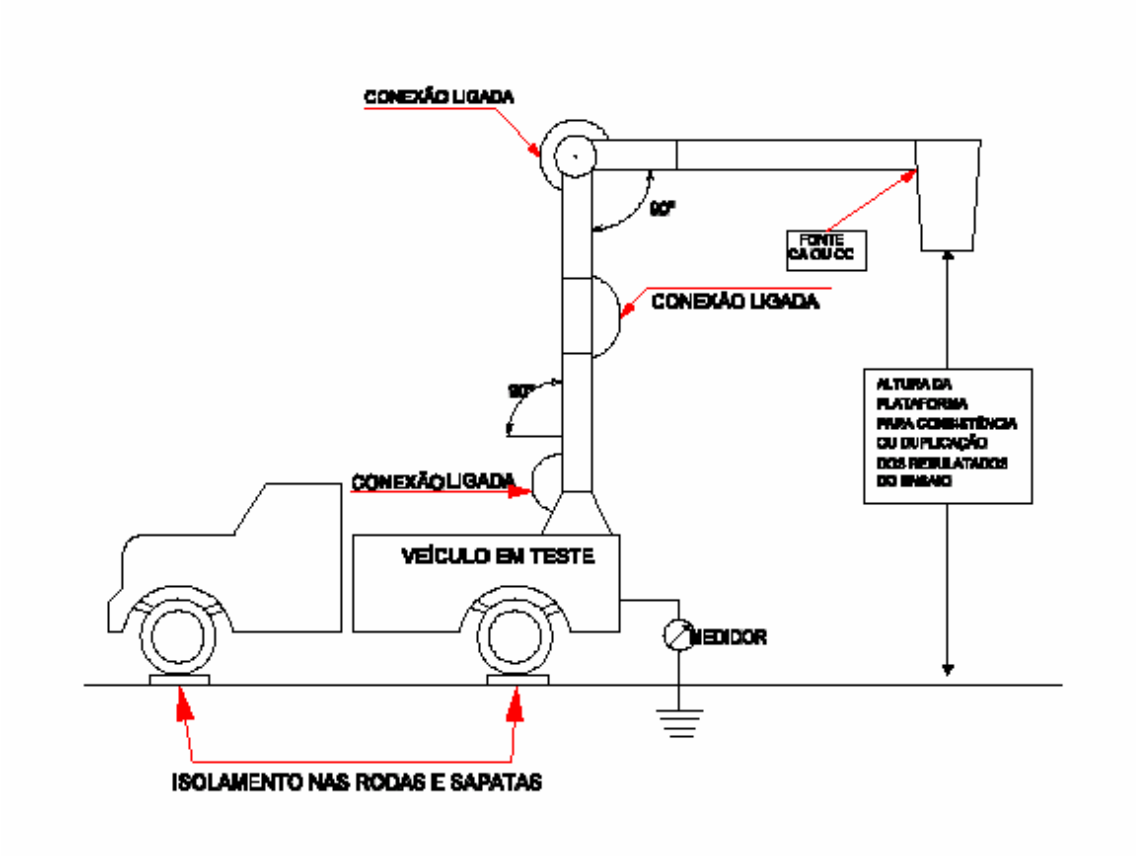



Figura 64 – Configuração do ensaio dielétrico para cestas aéreas de categoria C

Observações:
1- A conexão de cobre (7,5mm de diâmetro) pode ser instalada somente durante o ensaio ou permanentemente.
2- Devido as correntes capacitivas, estes ângulos dos braços são críticos para os equipamentos das categorias A e B. Se as posições dos braços forem alteradas, cuidados devem ser tomados no registro destas posições, em caso de repetição dos ensaios.
3- Estas posições do braço móvel são para ensaios em local aberto. Outras posições são aceitáveis, quando em ensaio em locais fechados. As posições utilizadas em ensaio com corrente alternada (c.a.) devem ser documentadas, juntamente com os resultados do ensaio, para efeito de repetibilidade.
4- Detalhes do sistema de isolamento do chassi jampeado são apresentados na figura 66.

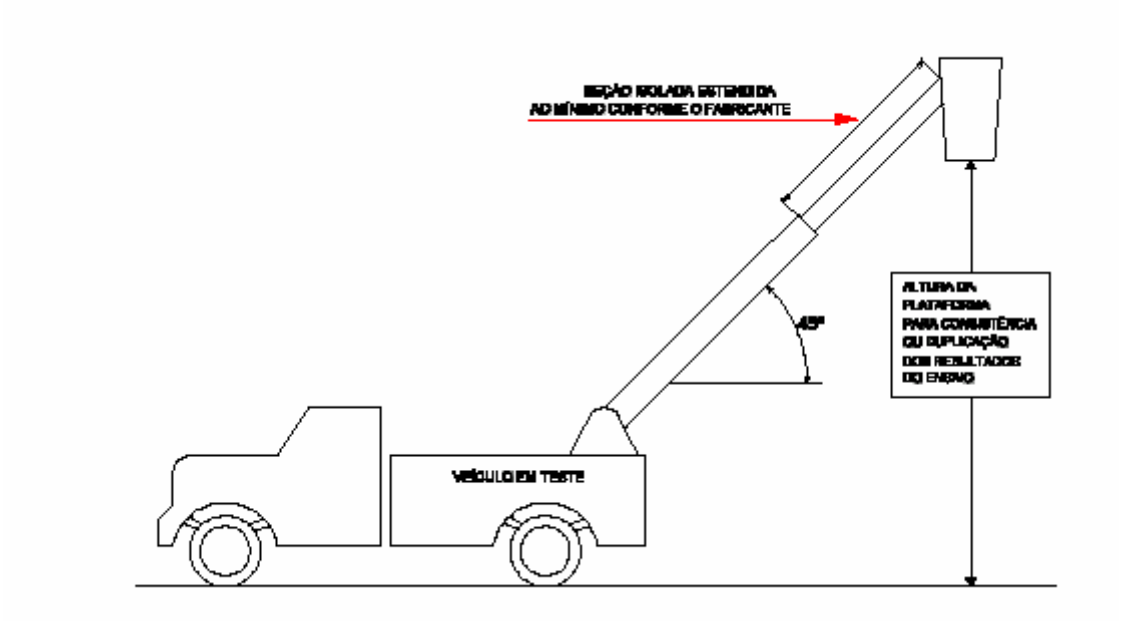



Figura 65: Posições de braços para ensaio dielétrico de cesta aéreas com braço telescópico (extensão isolada)

Observação:

Este ângulo do braço pode ser alternado. Entretanto em caso de ensaio de categoria C, 60Hz, considerações sobre capacitância são mais críticas que nas categorias A e B. Portanto, cuidados devem ser tomados em registrar as posições do braço, para casos de repetição de ensaio.

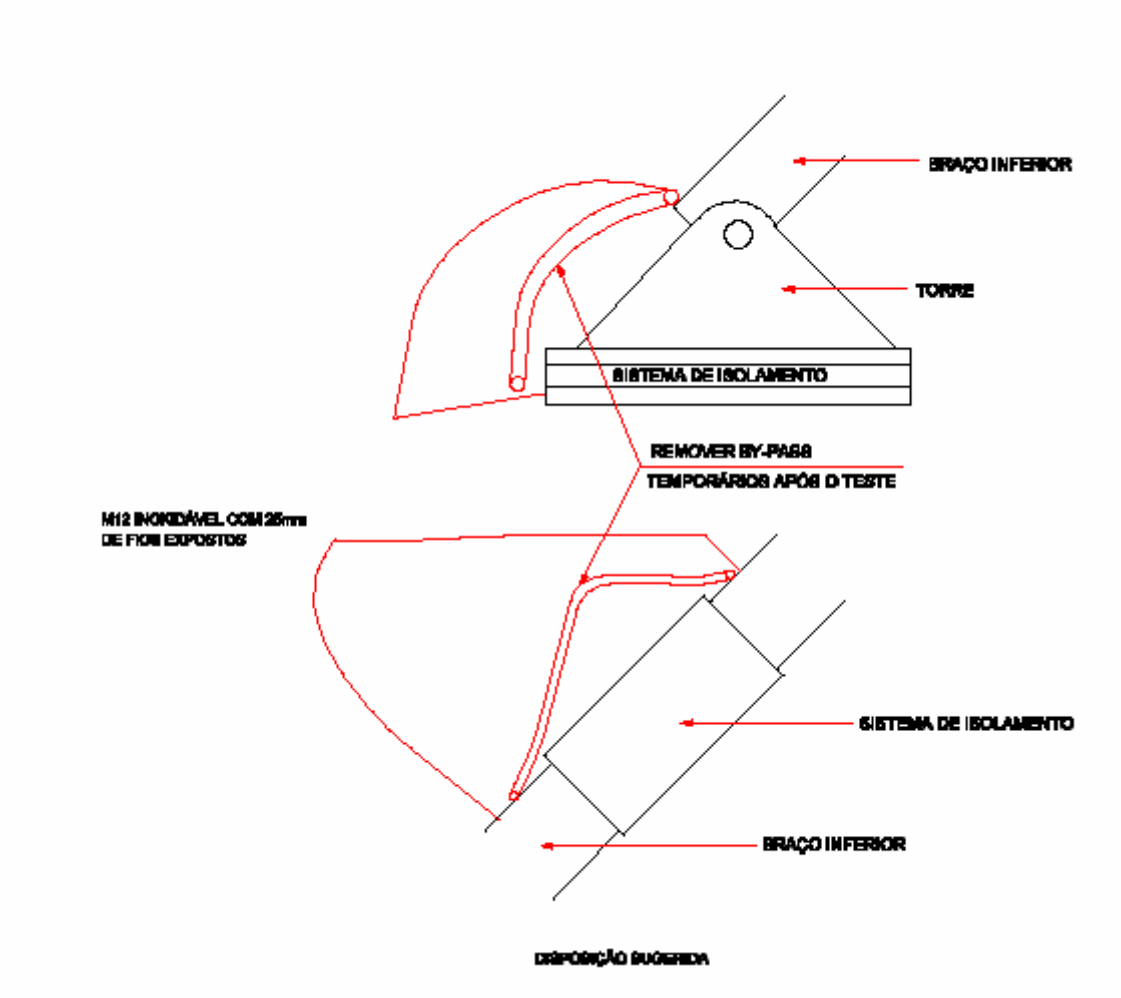



Figura 66: Disposição dos jampers para sistema de isolamento do chassi

Tabela 16: Configurações de Ensaio

| Figura | Fonte de Tensão | Sistema de Eletrodos de Ensaio Inferior | Aterramento do Caminhão | Localização do Medidor de Corrente |
|---|---|---|---|---|
| 63 (Haste Articulada)<br><br>65 (Haste Telescópica) | AC ou DC | Possui | Chassi do Caminhão Aterrado | No terminal do Sistema de Eletrodos de Ensaio Inferior (*) |
| 64 (Haste Articulada)<br><br>65 (Haste Telescópica) | AC ou DC | Não possui | Chassi do Caminhão Isolado | Entre o Chassi do Caminhão e a Terra |
| 69 (Haste Articulada)<br><br>65 (Haste Telescópica) | DC | Não possui | Chassi do Caminhão Aterrado | Entre a Fonte de Tensão DC e a Haste Isolante |

(*) no caso de se utilizar o Sistema de Eletrodos de Ensaio Inferior, o amperímetro deve ser conectado ao terminal utilizando-se obrigatoriamente um cabo coaxial. Caso contrário, poderá haver erro na medição de corrente.

## 17.3. PREPARAÇÃO DO CAMINHÃO PARA ENSAIO

### 17.3.1. Caminhão

Posicionar o caminhão em um local onde não haja passagem de pessoas e haja espaço suficiente para se estender a haste isolante, sem que seja necessário movimentar o veículo.

Sinalizar e colocar barreiras ao redor do caminhão de forma a evitar que alguém toque acidentalmente nas partes energizadas.

### 17.3.2. Haste Isolante

- Haste Isolante Articulada: a haste deve ser alinhada com o eixo do caminhão e mantida a um ângulo de 90°, conforme mostrado nas figuras 6 7, 68 e 69.

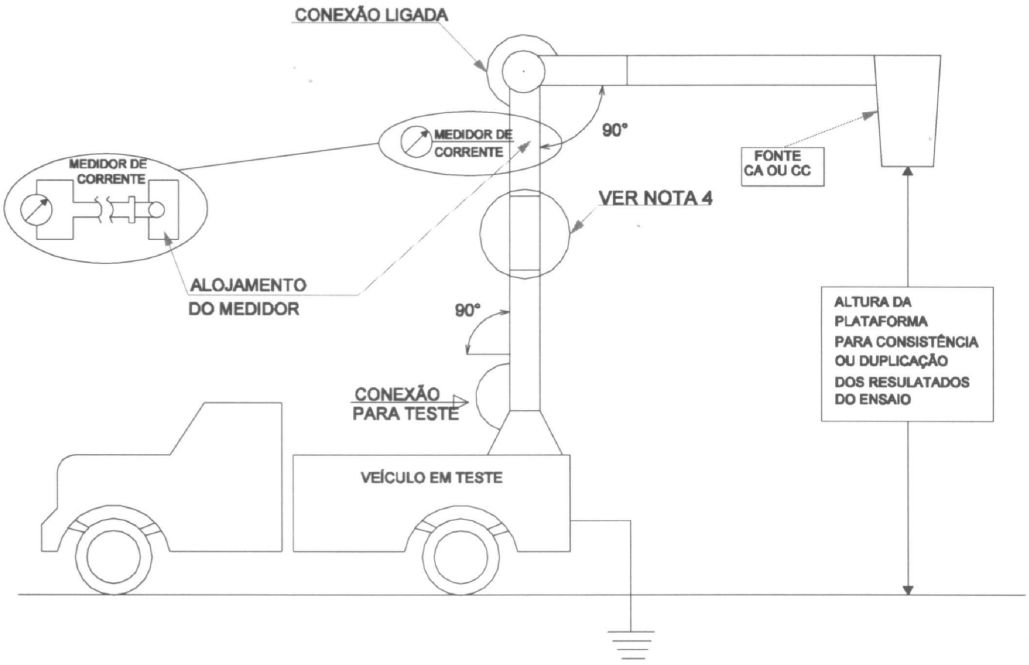



Figura 67: Configuração do ensaio dielétrico para cestas aéreas – Categorias A e B

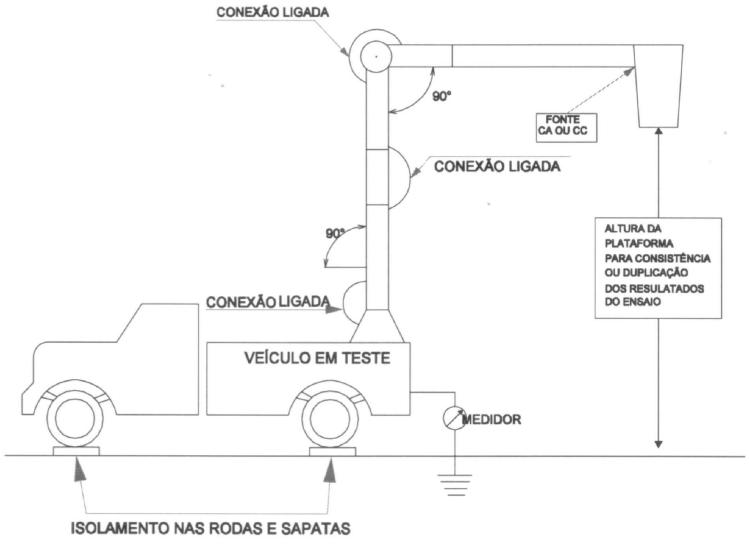



Figura 68: Configuração do ensaio dielétrico para cestas aéreas de categoria C

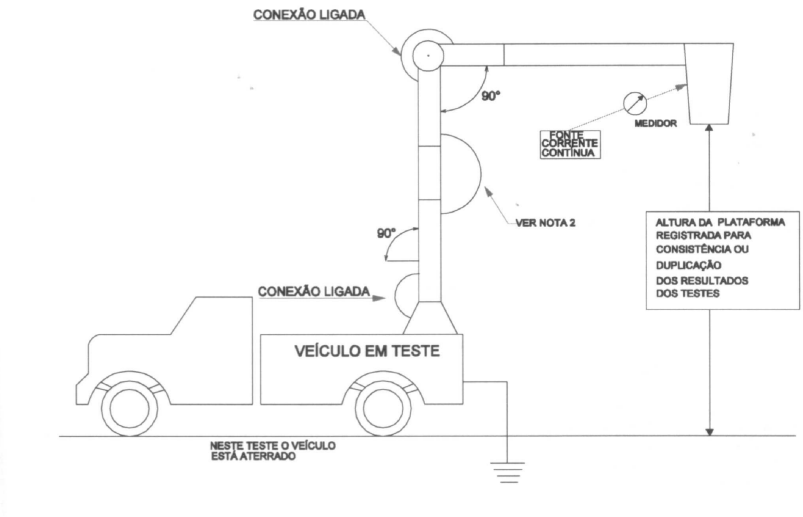



Figura 69: Posições de braços para ensaio dielétrico de cesta aéreas com braço telescópico (extensão isolada)

- Haste Isolante Telescópica: a haste deve ser alinhada com o eixo do caminhão, estar estendida ao mínimo (o comprimento mínimo é aquele especificado pelo fabricante da Cesta Aérea Isolada) e mantido a um ângulo de 45° em relação à horizontal, conforme mostrado na figura 70.
-

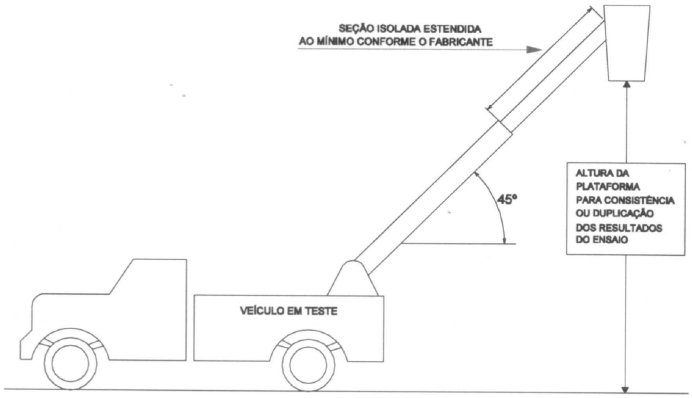

SEÇÃO ISOLADA ESTENDIDA AO MÍNIMO CONFORME O FABRICANTE
45°
ALTURA DA PLATAFORMA PARA CONSISTÊNCIA OU DUPLICAÇÃO DOS RESULTADOS DO ENSAIO
VEÍCULO EM TESTE

Figura 70: Posições de braços para ensaio dielétrico de cesta aéreas com braço telescópico (extensão isolada).

Caso não se consiga posicionar a haste sob ensaio da forma descrita acima, por quaisquer razões (por exemplo, por limitação de espaço), deve-se registrar na folha de ensaio a posição em que ela foi ensaiada.
Após colocar a haste na posição de ensaio, aguardar pelo menos 15 minutos antes de se aplicar a tensão de ensaio, para que eventuais partículas presentes no óleo possam se depositar horizontalmente.

### 17.3.3. Chassi do Caminhão

Dependendo do tipo de configuração de ensaio, o chassi do caminhão é aterrado diretamente. Nesse caso, deve-se procurar aterrá-lo em um ponto adequado, com bom aterramento.
No caso de se adotar uma configuração de ensaio na qual o caminhão fique isolado do solo, deve-se levantar o caminhão colocando entre as sapatas e o solo um material isolante.
O material deve ser resistente o suficiente para não ser danificado pelo peso do caminhão e deve estar limpo e seco, de modo que a corrente de fuga não circule através do mesmo, e sim através do amperímetro.

### 17.3.4. Amperímetro

O amperímetro deve ser adequado para se obter leituras em µA.
Um multímetro digital portátil (por exemplo, os fabricado pela Fluke ou Yokogawa) pode ser utilizado nesse tipo de medição.
No caso da medição da corrente de fuga utilizando-se o Sistema de Eletrodos de Ensaio Inferior, o amperímetro deve ser conectado ao terminal utilizando-se obrigatoriamente um cabo coaxial. Caso contrário, poderá haver erro na medição de corrente.

## 17.4. VALORES DE TENSÃO E CORRENTE DE ENSAIO

Para ensaios periódicos aplicam-se os valores das tabelas 17, 18, 19, 20, 21 e 22.

### 17.4.1. Ensaio com Tensão Alternada

Tabela 17: Valores de Tensão e Corrente para Ensaios com Tensão Alternada

| Categoria | Tensão de Qualificação | Ensaio a 60 Hz | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Tensão (kV eficaz) | Corrente Máxima (µA eficaz) | Tempo (minuto) |
| A e B | 46 kV | 40 | 40 | 1 |
| A e B | 69 kV | 60 | 60 | 1 |
| A e B | 138 kV | 120 | 120 | 1 |
| C | 46 Kv | 40 | 400 | 1 |

A corrente de ensaio a ser anotada deve ser aquela ao final da aplicação de um minuto. Porém, é aconselhável acompanhar a evolução dessa corrente durante todo o tempo de aplicação.
Em condições normais, os valores medidos de corrente serão muito inferiores aos valores máximos indicados.

Caso se obtenha valores de corrente muito diferentes das medidas em ensaios anteriores, deve-se procurar descobrir as possíveis causas dessa disparidade de resultados (por exemplo, sujeira na haste isolante, umidade relativa do ar muito elevada, configuração de ensaio incorreta, etc).

### 17.4.2. Ensaio com Tensão Contínua

Tabela 18: Valores de Tensão e Corrente para Ensaios com Tensão Contínua

| Categoria | Tensão de Qualificação | Ensaio com Tensão Contínua (DC) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Tensão (kV) | Corrente Máxima (µA) | Tempo (minutos) |
| A e B | 46 kV | 56 | 28 | 3 |
| A e B | 69 kV | 84 | 42 | 3 |
| A e B | 138 kV | 168 | 84 | 3 |
| C | 46 kV | 56 | 56 | 3 |

Deve-se procurar ler as recomendações contidas no manual de instruções do fabricante da fonte DC a ser utilizada, especialmente no que se refere a energização e desenergização do objeto sob ensaio.
A tensão deve ser aplicada lentamente, procurando evitar que a corrente aplicada suba bruscamente.
Após a tensão de ensaio ter sido aplicada durante o tempo especificado, deve-se reduzi-la de forma gradual.
Deve-se evitar aterrar diretamente o objeto sob ensaio sem antes certificar-se de que ele esteja efetivamente descarregado, pois esse procedimento poderá danificar a fonte de tensão DC.
O aterramento deve ser feito com a haste de aterramento que normalmente acompanha esse tipo de fonte.
A corrente de ensaio a ser anotada deve ser aquela ao final da aplicação de três minutos. Porém, é aconselhável acompanhar a evolução dessa corrente durante todo o tempo de aplicação.
Em condições normais, os valores medidos de corrente serão muito inferiores aos valores máximos indicados.

Caso se obtenha valores de corrente muito diferentes das medidas em ensaios anteriores, deve-se procurar descobrir as possíveis causas dessa disparidade de resultados (por exemplo, sujeira na haste isolante, umidade relativa do ar muito elevada, configuração de ensaio inadequada ou incorreta, etc).

### 17.4.2.1. Ensaio no Sistema de Isolamento de Chassi

O ensaio deve ser realizado da seguinte forma:
a) Adota-se uma das configurações de ensaio mostradas na figura 71;
b) Aplica-se a tensão de ensaio ao metal acima do isolamento;
c) Deve-se aplicar um dos seguintes valores de tensão:

Tabela 19: Valores de Tensão e Corrente para Ensaios no Sistema de Isolamento de Chassi

| Tensão | Tensão de Ensaio | Duração | Corrente Máxima |
|---|---|---|---|
| Ensaio com Tensão Alternada | 35 kV (valor eficaz) | 3 minutos | 3 mA (valor eficaz) |
| Ensaio com Tensão Contínua | 50 kV | 3 minutos | 50 mA |

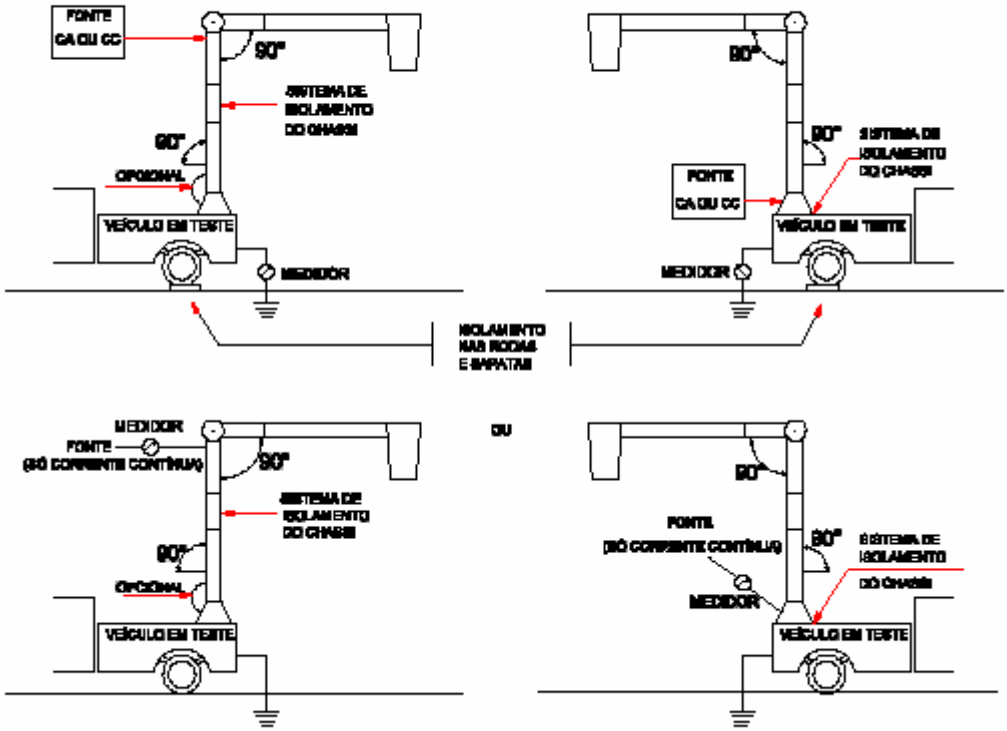



Figura 71: Configuração de ensaio dielétrico para o sistema de isolamento do chassi

Observação:
Estas posições dos braços são para ensaios em local aberto. Outras posições são aceitáveis, quando em ensaio em locais fechados. As posições utilizadas em ensaio com corrente alternada (c.a.) devem ser documentadas, juntamente com os resultados do ensaio, para efeito de repetibilidade.
Deve-se procurar ler as recomendações contidas no manual de instruções do fabricante da fonte DC a ser utilizada, especialmente no que se refere a energização e desernegização do objeto sob ensaio.
A tensão deve ser aplicada lentamente, procurando evitar que a corrente aplicada suba bruscamente.
Após a tensão de ensaio ter sido aplicada durante o tempo especificado, deve-se reduzi-la de forma gradual.
Deve-se evitar aterrar diretamente o objeto sob ensaio sem antes certificar-se de que ele esteja efetivamente descarregado, pois esse procedimento poderá danificar a fonte de tensão DC.
O aterramento deve ser feito com a haste de aterramento que normalmente acompanha esse tipo de fonte.
A corrente de ensaio a ser anotada deve ser aquela ao final da aplicação de três minutos. Porém, é aconselhável acompanhar a evolução dessa corrente durante todo o tempo de aplicação.

Em condições normais, os valores medidos de corrente serão muito inferiores aos valores máximos indicados.
Caso se obtenha valores de corrente muito diferentes das medidas em ensaios anteriores, deve-se procurar descobrir as possíveis causas dessa disparidade de resultados (por exemplo, sujeira na haste isolante, umidade relativa do ar muito elevada, configuração de ensaio inadequada ou incorreta, etc).

### 17.4.2.2. Ensaio na Cuba Isolante

As cubas isolantes usadas nas caçambas devem ser ensaiadas utilizando-se um líquido condutivo servindo como eletrodo. Pode-se usar água de torneira para tal finalidade.
A cuba a ser ensaiada deve ser mergulhada em um tanque contendo o líquido condutivo. O seu interior deve ser preenchido com o mesmo tipo de líquido, mantendo-se o nível em torno das superfícies interna e externa em aproximadamente 150 mm do topo da cuba.
As cubas devem suportar uma das seguintes tensões de ensaio, sem que ocorra descarga disruptiva (flashover) ou rompimento do material isolante:

Tabela 20: Valores de Tensão e Corrente para Ensaios em Cuba Isolante

| Tensão | Tensão de Ensaio | Duração |
|---|---|---|
| Ensaio com Tensão Alternada | 35 kV (valor eficaz) | 1 minuto |
| Ensaio com Tensão Contínua | 100 kV | 3 minutos |

Deve-se procurar ler as recomendações contidas no manual de instruções do fabricante da fonte DC a ser utilizada, especialmente no que se refere a energização e desenergização do objeto sob ensaio.
A tensão deve ser aplicada lentamente, procurando evitar que a corrente aplicada suba bruscamente.
Após a tensão de ensaio ter sido aplicada durante o tempo especificado, deve-se reduzi-la de forma gradual.
Deve-se evitar aterrar diretamente o objeto sob ensaio sem antes certificar-se de que ele esteja efetivamente descarregado, pois esse procedimento poderá danificar a fonte de tensão DC.
O aterramento deve ser feito com a haste de aterramento que normalmente acompanha esse tipo de fonte.

### 17.4.3. Ensaio em Campo

### 17.4.3.1. Caminhões das Categorias A e B

Estando o veículo aterrado, a haste isolante deve ser suspensa até encostar em uma linha de alta tensão com tensão igual ou superior a que vai ser trabalhada, mas nunca excedendo a tensão de qualificação do equipamento.
A corrente medida não deve exceder o valor indicado na tabela a seguir:

Tabela 21: Valores de Tensão e Corrente para Ensaios em Campo em Caminhões das Categorias A e B

| Tensão Aplicada entre | Corrente Máxima Permitida | Tempo |
|---|---|---|
| Linha e Terra | 1 µA / kV CA | 3 minutos |

Caso se obtenha valores de corrente muito diferentes das medidas em ensaios anteriores, deve-se procurar descobrir as possíveis causas dessa disparidade de resultados (por exemplo, sujeira na haste isolante, umidade relativa do ar muito elevada, configuração de ensaio inadequada ou incorreta, etc).

### 17.4.3.2. Caminhões da Categoria A, B e C

Estando o veículo aterrado, conecta-se um amperímetro entre a linha de alta tensão e a conexão metálica da caçamba (não na parte isolante da caçamba).
A tensão mínima de ensaio deve ser a de trabalho.
A corrente medida não deve exceder o valor indicado na tabela a seguir:

Tabela 22: Valores de Tensão e Corrente para Ensaios em Campo em Caminhões da Categoria A, B e **C**

| Tensão Aplicada entre | Corrente Máxima Permitida | Tempo |
|---|---|---|
| Linha e Terra | 30 µA / kV CA | 3 minutos |

Caso se obtenha valores de corrente muito diferentes das medidas em ensaios anteriores, deve-se procurar descobrir as possíveis causas dessa disparidade de resultados (por exemplo, sujeira na haste isolante, umidade relativa do ar muito elevada, configuração de ensaio inadequada ou incorreta, etc).

## 17.5. Análise e Interpretação dos Resultados

### 17.5.1. Ensaio de Isolamento com Megaohmímetro

Ensaio Total
O ensaio de isolamento com Megaohmímetro fornece dados que permitirão afirmar se os ensaios que expõe o equipamento a esforços mais severos, devem ou não ser

executados. Se os valores de isolamento são baixos, muitas vezes não é aconselhável continuar os ensaio para não danificar o material isolante.
A resistência de isolamento lida após um minuto deve ser maior do que 3500 Megaohms, quando medida a uma tensão de ensaio de 0,5 a 5 kV. Também a resistência obtida na tensão superior de ensaio, não deve ser menor do que a resistência obtida na tensão inferior de ensaio (relação de tensões 1:5).

### 17.5.2. Fator de Potência do Isolamento

a) Ensaio Total
A avaliação deve se basear nas perdas em watts ou mW medidos. Entretanto, deve-se medir a corrente de fuga em μA ou perdas em mVA.
Uma haste, em boas condições, deve apresentar uma perda menor do que 0,03 W a 10 kV ou 1,8 mW a 2,5 kV.

b) Ensaio Parcial
Para este ensaio, já existe certa experiência da “Doble Engineering Company”. A “Doble” afirma:
Qualidades isolantes da madeira ou outras peças isolantes podem ser avaliadas pelas perdas dielétricas (ou resistência em C.A.) medidas entre colares metálicos colocados à certa distância um do outro. Normalmente, duas seções do material de três polegadas cada, são ensaiadas ao mesmo tempo”. Os valores típicos sugeridos pela “Doble” são:
Quando madeira envernizada, madeira coberta de plástico ou peças de fibra de Epoxi estão em boas condições, fornecerão medidas menores do que 0,04W a 10 kV ou 2mW a 2,5 kV”.
Os valores seguintes podem servir de base na determinação das condições da haste para serviço.
- Peças de madeira toda envernizada ou cobertas de plástico: 0,25W a 10kV ou 15mW a 2,5 kV.
- Peças de fibra – Epoxi: 0,1W a 10kV ou 6 mW a 2,5kV.
No caso de hidroelevadores isolantes, a haste pode ser considerada como sendo uma peça de fibra-epoxi.
Então, a perda no ensaio parcial deve ser menor do que 0,1W ou 6 mW. Deve-se salientar que este ensaio isolado, não oferece segurança na avaliação do material isolante, porque neste caso é medida a perda através da superfície ou trinca na haste.
Sua eficiência está em localizar a parte defeituosa. Neste caso, as mangueiras do sistema hidráulico não influem nos resultados.

## 17.6. ENSAIOS PRELIMINARES

### 17.6.1. Serão mantidos os ensaios de isolamento com megaohmímetro e com fator de potência

## 17.6.2. Materiais Necessários

### 17.6.2.1. Instrumentos de Ensaio

a) Megaohmímetro com escalas 500, 1000 e 2500 volts ou 1000, 2500 e 5000 volts e acessórios.
b) Ensaiador de fator de potência do isolamento, “Doble tipo MEU ou MH” e acessórios.
c) Estabilizador de tensão 120 volts CA, 60 Hz.
d) Medidor de rigidez dielétrica de óleo isolante.
e) Trena para medição dos espaçamentos a serem ensaiados.
f) Termômetro e Higrômetro

### 17.6.2.2. Ferramentas

a) Um jogo de chaves fixa ou combinadas 7 a 22mm.
b) Uma chave de fenda média.

### 17.6.2.3. Diversos

a) Caneta, calculadora, flanela, álcool isopropílico ou benzina, cordoalhas diversas, equipamentos de segurança e extensão monofásica.
b) Relatório de ensaios de fábrica e/ou resultados de ensaios anteriores.
c) Formulário “ Hidroelevadores – HEI”.
Para o ensaio de isolamento principal da cuba isolante (liners) são necessários outros materiais.

## 17.6.3. Segurança

### 17.6.3.1. Pessoal

O pessoal envolvido no ensaio deve usar os equipamentos de segurança. As partes metálicas devem ser aterradas, visando colocar o operador dos equipamentos de ensaio no mesmo potencial de terra.
A área de ensaio deve ser isolada por meio de cordas e bandeirolas.
O operador dos equipamentos de ensaio deve estar bem familiarizado com os mesmos. A lança isolada deve ser manobrada de tal maneira que as partes sob tensão fiquem no mínimo a dois metros de qualquer ponto “terra” (massa).

**17.6.3.2. Instrumentos de Ensaio**

Os instrumentos de ensaio devem viajar bem acondicionados a fim de evitar choques que poderiam danificá-los. Quando instalados, devem ser colocados em superfícies firmes e niveladas.

**17.6.4. Pessoal Necessário**

São necessários 2 funcionários para a execução dos ensaios.

**17.6.5. Duração dos Ensaios**

**17.6.5.1. Limpeza da haste e divisão em setores**

30 minutos

**17.6.5.2. Ensaio de isolamento com megaohmímetro**

a) Ensaio total – 30 minutos
b) Ensaio parcial – 30 minutos

**17.6.5.3. Ensaio de fator de potência do isolamento**

a) Ensaio total – 30 minutos
b) Ensaio parcial – 30 minutos

**17.6.5.4. Ensaio no dispositivo de segurança**

60 minutos

**17.6.5.5. Ensaio de isolamento superficial de caçamba interna**

60 minutos

**17.6.5.6. Ensaio de isolamento principal da caçamba interna**

90 minutos
Total: 6 horas

**17.7. PROCEDIMENTOS E CRITÉRIOS**

### 17.7.1. Considerações

Sempre que um tipo de trabalho envolve risco de vida deve-se garantir que o equipamento utilizado não sofrerá avarias durante a jornada de trabalho e, portanto, não exporá a perigos o elemento humano. Deve-se lembrar que materiais isolantes expostos a intempéries podem deteriorar-se ao longo do tempo, porém é possível avaliar a condição do material isolante se este for ensaiado periodicamente. O ensaio de isolamento com megaohmímetro fornecerá dados que serão úteis na determinação da possibilidade de serem aplicados a outros ensaios. Após executado o ensaio de fator de potência do isolamento, faz-se o ensaio de tensão aplicada que fornecerá melhores subsídios para a análise e é o ensaio mais conclusivo, pois solicita enormemente o isolamento. No item 17.9.3 estão descritos os procedimentos para os seguintes ensaios:

1) Resistência de isolamento com megaohmímetro – Ensaio total;
2) Resistência de isolamento com megaohmímetro – Ensaio parcial;
3) Fator de potência do isolamento – Ensaio total;
4) Fator de potência do isolamento – Ensaio parcial;
5) Dispositivos de segurança (indicador de contaminação e dispositivo de alarme).

Na recepção devem ser executados todos os ensaio listados, inclusive os ensaio parciais e do óleo.

Em manutenção rotineiras (semestralmente), normalmente são dispensáveis os ensaios 2 e 4 com as seguintes ressalvas:

- O ensaio 2 deverá ser feito se os resultados obtidos no ensaio 1 forem julgados duvidosos ou ruins;
- O ensaio 4 deverá ser feito se no ensaio 3 os resultados obtidos forem julgados duvidosos ou ruins;

O ensaio de tensão aplicada é o mais conclusivo e, portanto, em qualquer tipo de manutenção (rotineira ou não), devem ser feitos, no mínimo, os seguintes ensaios:

- Rigidez dielétrica do óleo;
- Tensão aplicada (corrente alternada) – Ensaio total;
- Dispositivos de segurança (indicador de contaminação e dispositivo de alarme).

O ensaio no óleo deve ser executado segundo os procedimentos normais para ensaio de óleo isolante no campo. O valor mínimo de rigidez dielétrica do óleo novo deve ser 25 kV/0,1 pol (Método ASTM-D-877), e para óleo usado 15 kV/0,1 pol.

### 17.7.2. Preparativos Iniciais

O item 17.6.3 deve ser levado em conta, pois os ensaios envolvem tensões perigosas.

1) Limpar a haste do hidroelevador com álcool isopropílico ou benzina.
2) Dividir a haste isolante em 3 partes de igual comprimento conforme a figura 72.

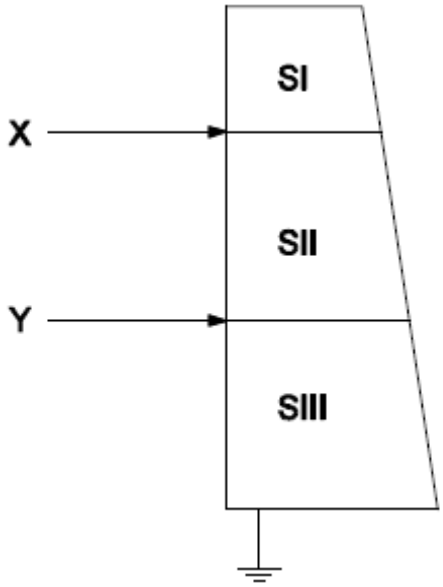



Figura 72: Setores da haste

Estas partes serão chamadas de setor I, setor II e setor III, sendo o setor III a parte inferior da haste isolante.
(1) – A umidade relativa do ar deve ser menor que 70% conforme item 17.11 – Condições Atmosféricas".
(2) – Ter em mãos a planilha "HEI".

### 17.7.3. Procedimentos de ensaios

#### 17.7.3.1 Ensaio de isolamento com Megaohmímetro

a) Ensaio Total
Este ensaio visa determinar, preliminarmente, a isolação da haste. Consiste em aplicar tensão entre a parte metálica sob a caçamba e a carcaça do caminhão, ver figura 73. O microamperímetro instalado no caminhão deve ser curto-circuitado através da chave própria. A aplicação de tensão e leituras de resistência do isolamento devem ser feitas como descrito a seguir:
- Registrar a temperatura e umidade relativa do ar;
- Aplicar 500 VCC e fazer a leitura após um minuto;
- Imediatamente após a leitura, elevar a tensão para 1000 VCC e fazer a leitura após um minuto;
- Elevar a tensão para 2500 VCC e fazer a leitura após um minuto.

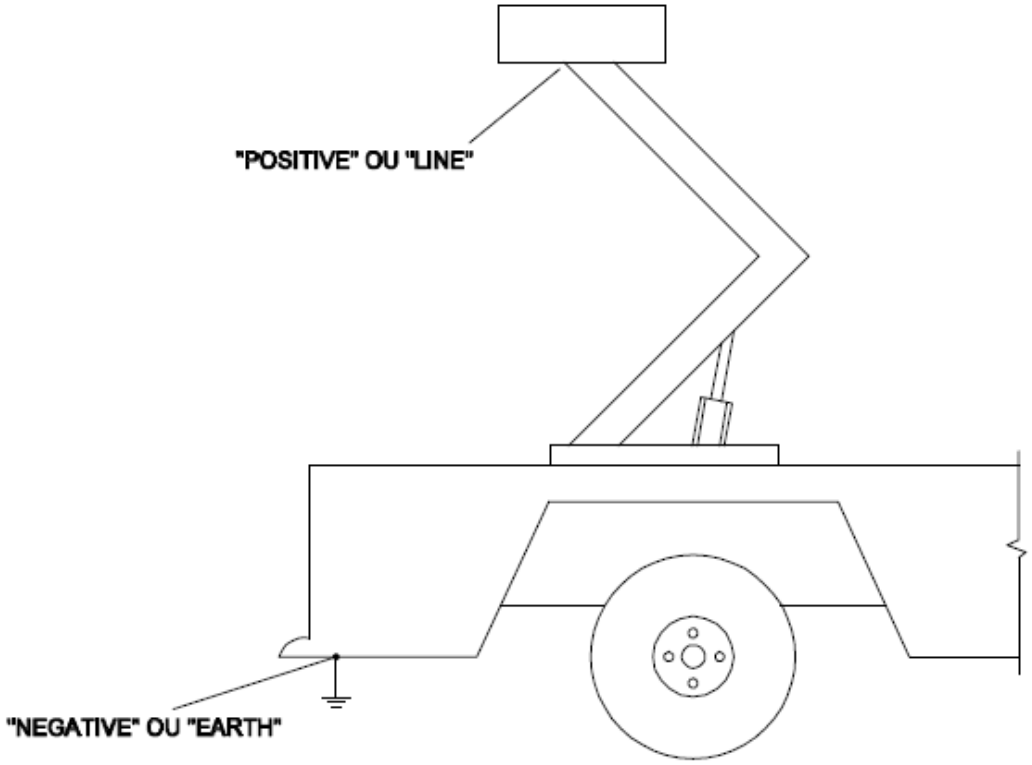



Figura 73: Resistência de isolamento com megaohmimetro – Ensaio total.

No caso de existir disponível um megaohmímetro de 5000 volts, o procedimento é analógico. Contudo, os valores de tensão são sucessivamente, 1000, 2500 e 5000 volts, mantendo assim a relação de 1:5 entre o primeiro e o último valor de tensão.

b) Ensaio Parcial

Normalmente este ensaio é dispensável. Somente quando no ensaio total for notado que existe possibilidade de avaria na haste, deve-se ensaiá-la por seções. A divisão destas seções está descrita no item 17.9.2 “Preparativos Iniciais”. O ensaio parcial tem por finalidade determinar a região da haste que possivelmente estaria deteriorada. Entretanto, deve-se frisar que este ensaio mede o isolamento superficial, ou seja, mede as correntes de fuga através da superfície da haste.

A aplicação de tensão e leituras de resistência de isolamento devem ser feitos como descrito no ensaio total, item 17.9.3(1). A haste, neste caso, é dividida em três partes iguais (setores), conforme figura 72 e duas cintas condutoras ou semi condutoras são presas envolvendo a haste nos pontos “x” e “y”.

a) Ensaio no Setor I

- Ligar o cabo “Line” ou “Positive” à cinta “x”.
- Ligar o cabo “Earth” ou “Negative” à parte metálica sob a caçamba.
- Ligar o cabo “Guard” à cinta “y”.

Quando for usado o “Meg-Chek”, colocar a “Grounded Switch” na posição “Negative”

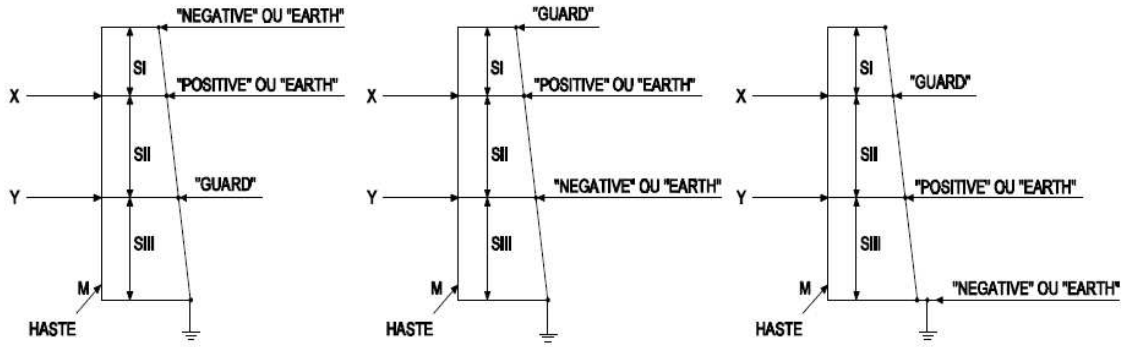



Figura 74: Resistência de isolamento com megaohmimetro – Ensaio parcial.

b) Ensaio no Setor II
- O cabo “Line” ou “Positive” permanece ligado à cinta “x”.
- Ligar o cabo “Earth” ou “Negative” à cinta “y”
- Ligar o cabo “Guard” á parte metálica sob a caçamba.

A “Grounded Switch” permanece na posição “Negative”.

c) Ensaio no Setor III
- Ligar o cabo “Line” ou “Positive” à cinta “y”.
- Ligar o cabo “Earth” ou “Negative” á carcaça do caminhão.
- Ligar o cabo “Guard” à cinta “x”.

A “Grounded Switch” permanece na posição “Negative”.

### 17.7.4. Fator de Potência do Isolamento

O microamperímetro instalado no caminhão deve ser curto-circuitado através da chave própria.

a) Ensaio Total

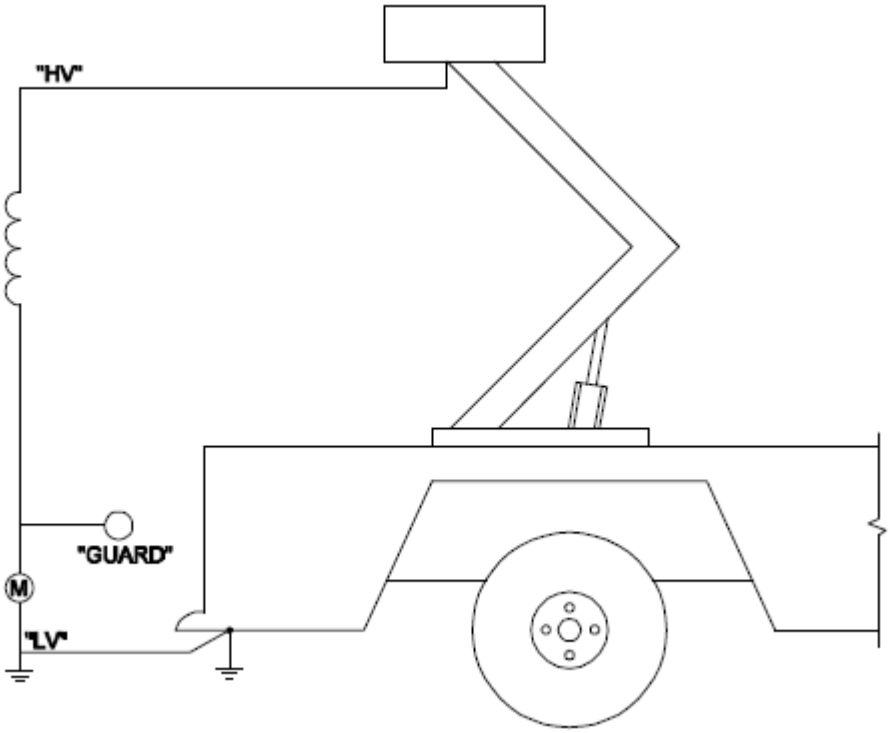



Figura 75: Fator de Potencia de isolamento – Ensaio total.

Consiste em ligar o cabo “HV” à parte metálica sob a caçamba e conectar o cabo “LV” na carcaça do caminhão, conforme figura 75. A chave “LV Switch” deve ficar na posição “Ground”. Mede-se mVA (ou mA no caso do instrumento tipo MH) e mW (ou W no caso do tipo MH). Registrar a temperatura e umidade relativa do ar.

b) Ensaio Parcial

Este ensaio normalmente é dispensável, dependendo dos resultados obtidos no ensaio total.

O ensaio parcial consiste em prender, firmemente, três colares, espaçados de 3 polegadas (7,62 cm) um do outro (ver figura 76), energizar o colar do meio através do cabo “HV” e conectar os outros dois à terra (carcaça). A “LV Switch” deve ficar na posição “Ground”. Fazem-se as leituras de mW (ou W).

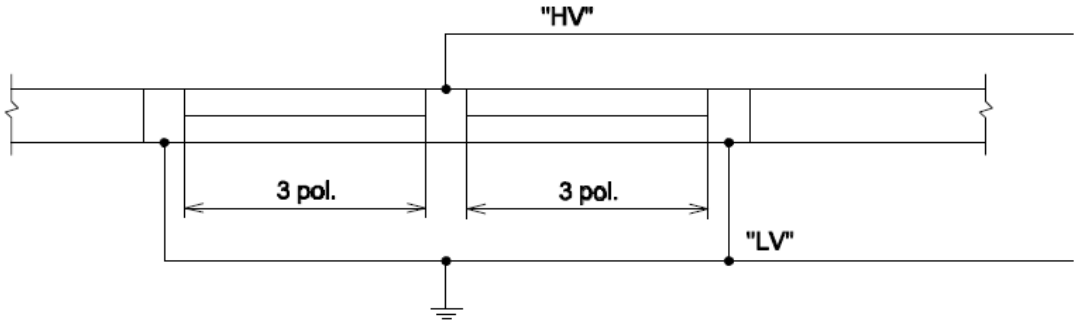



Figura 76: Posição relativa dos colares.

O ensaio parcial deve ser feito em três seções diferentes. As seções a serem ensaiadas são, respectivamente, a parte superior do setor I, a parte inferior do setor III e a parte central do Setor II, conforme mostra a figura 77

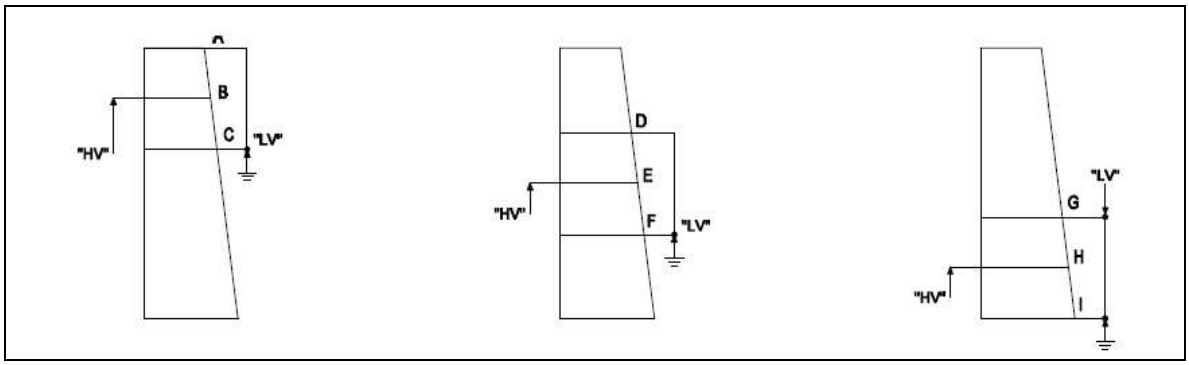



Figura 77: Fator de potência do isolamento – Ensaio total.

Deverão ser usadas as cintas ou colares semicondutores fornecidos pela “Doble”, ou similares.

## 17.8. INFORMATIVO

< MARCA DA CESTA AÉREA>

Modelo_____ Número de série _____
Altura_____ TENSÃO DE PROJETO_____
Categoria _____

CLASSIFICAÇÃO DE CAPACIDADE
Esta cesta aérea está de acordo com os requisitos da nora ABNT NBR_____
UNIDADE EQUIPADA COM_____CAÇAMBA(S)
Capacidade em superfície firme e plana:
_____ Kg por caçamba
_____ Kg total (todas as caçambas)
Data do ensaio_____

_____TENSÃO QUALIFICADA
Data do ensaio_____
UNIDADE EQUIPADA COM DISPOSITIVO DE IÇAMENTO DE MATERIAL:
SIM_____ NÃO _____
PRESSÃO HIDRÁULICA DO EQUIPAMENTO:_____
TENSÃO DO SISTEMA ELÉTRICO DO EQUIPAMENTO:_____

<FABRICANTE DO EQUIPAMENTO> <CIDADE, ESTADO, PAÍS>

Instalado por:_____

Formulário – Formato recomendado para placa de identificação da cesta aérea

## 17.9. FORMULARIO-HEI - RIGIDEZ DIELÉTRICA – ISOLAMENTO - FATOR DE POTÊNCIA - TENSÃO CC

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | C O P E L | | | | HIDROELEVADORES - HEI | | | | | | | | Data | | | | | | |
| 1 | Local | | | | Executantes | | | | | | | | Hh | | | | | | |
| 2 | DADOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Fabricante | | | | Tipo | | | | Instalado no veículo | | | | | | | | | | |
| 4 | Possui microamperímetro e sistema de alarme | | | | Sim | | | | Não | | | | | | | | | | |
| 5 | ENSAIOS NO ÓLEO ISOLANTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | RIGIDEZ DIELÉTRICA ( MÉTODO ASTM - D - 877 ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Crescimento da tensão 3 kV/s | | | | 1ªleit. após 3 minutos | | | | Interv. entre leituras 1 minuto | | | | Não desprezar leituras | | | | | | |
| 8 | Temperatura ambiente | | | °C | Umidade relativa do ar | | | % | Nº Copel 95- | | | | | | | | | | |
| 9 | ( Leituras em kV / 0,1" ) | | | | | | Faixa | P | Q | P </= Q | P > Q | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | maior | | valor | média | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | valor | 3 | imediat. | aritm. | Somente se "P" > "Q" | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | ( - ) | x | acima | cinco | colher nova amostra | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | menor | faixa | menor | valores | e repetir os mesmos | | | | | | | | |
| 14 | Amostras | 1ª | 2ª | 3ª | 4ª | 5ª | valor | | valor | ( kV ) | procedimentos até | | | | | | | | |
| 15 | 1ªamostra | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | obter "P" </= "Q" | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | |
| 17 | ENSAIO DE ISOLAMENTO COM MEGAOHMÍMETRO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | Temperatura ambiente | | | °C | Umidade relativa do ar | | | % | Nº Copel 95- | | | | | | | | | | |
| 19 | Conexões | | | | Leituras em megaohms após 1 minuto | | | | | | | | Isolam. medido | | | | | | |
| 20 | | | | | 0,5 kV | | 1,0 kV | | 2,5 kV | | | | | | | | | | |
| 21 | Line | Earth | Guard | Grd. sw. | 1,0 kV | | 2,5 kV | | 5,0 kV | | | | | | | | | | |
| 22 | Caçamba | Massa | . | N | | | | | | | | | Total | | | | | | |
| 23 | X | Caçamba | Y | N | | | | | | | | | S I | | | | | | |
| 24 | X | Y | Caçamba | N | | | | | | | | | S II | | | | | | |
| 25 | Y | Massa | X | N | | | | | | | | | S III | | | | | | |
| 26 | ENSAIO DE FATOR DE POTÊNCIA DO ISOLAMENTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | Temperatura ambiente | | | °C | Umidade relativa do ar | | | % | Nº Copel 95- | | | | | | | | | | |
| 28 | Conexões | | | | Leituras equivalentes a: | | | | 2,5 kV | | 10 kV | | | | | | | | |
| 29 | | | | | Milivoltampêres | | | | Miliwatts | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | miliampêres | | | | Watts | | | | | | | | | | |
| 31 | Energizar | | Aterrar | | lido | mult | mVA | mA | lido | mult | mW | W | | | | | | | |
| 32 | Caçamba | | Massa | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | B | | A + C | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | E | | D + F | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | H | | G + I | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | ENSAIO DE TENSÃO APLICADA ( CORRENTE CONTÍNUA ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | ENSAIO TOTAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | Temperatura ambiente | | | °C | Umidade relativa do ar | | | % | Nº Copel 95- | | | | | | | | | | |
| 45 | Energizar | Aterrar | | | Tensão aplicada ( kV ) | | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | | | | | | |
| 46 | Caçamba | M | | | Corrente fuga ( micro A ) | | | | | | | | | | | | | | |
| 47 | ENSAIO PARCIAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | Temperatura ambiente | | | °C | Umidade relativa do ar | | | % | Nº Copel 95- | | | | | | | | | | |
| 49 | Energ. | Aterrar | Guard | | Tensão aplicada ( kV ) | | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | | Isolam. medido | | | | | | |
| 50 | X | Caçamba | Y | | Corrente | | | | | | | | Setor I | | | | | | |
| 51 | X | Y | Caçamba | | de fuga | | | | | | | | Setor II | | | | | | |
| 52 | Y | Massa | X | | ( microampêres ) | | | | | | | | Setor III | | | | | | |

## 17.10. FORMULÁRIO–HEI - TENSÃO APLICADA

HIDROELEVADORES – HEI

ENSAIO DE TENSÃO APLICADA ( CAÇAMBA INTERNA )

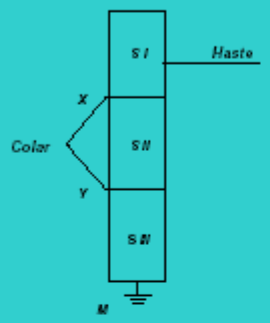
MEDIÇÃO DA CORRENTE DE FUGA SUPERFICIAL

| Temperatura ambiente | °C | Umidade relativa do ar | % | N°Copel 95- | |
|---|---|---|---|---|---|
| Energizar - "J" | Aterrar - "K" | Tensão de ensaio 50 kV | Corrente fuga | direita | esquer. µA |

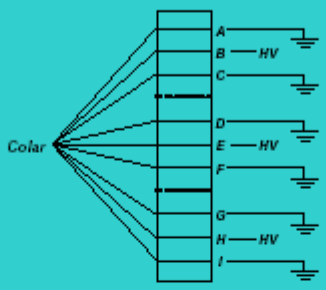
ENSAIO DO ISOLAMENTO PRINCIPAL

| Temperatura ambiente | °C | Umidade relativa do ar | % | N°Copel 95- | |
|---|---|---|---|---|---|
| Energizar - "L" | Aterrar - "M" | Tensão de ensaio 50 kV | Corrente fuga | direita | esquer. µA |

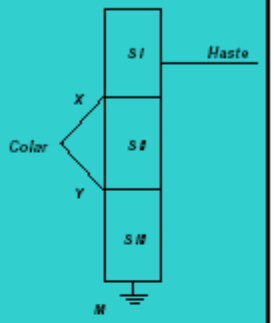
* Isolamento com megaohmímetro



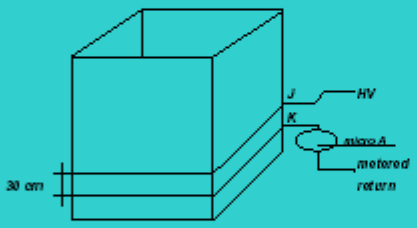

* Fator de potência do isolamento



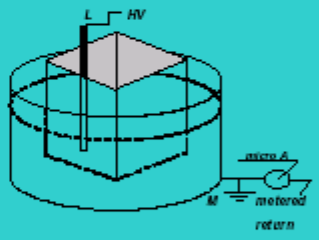

* Tensão aplicada




* Ensaio de isolamento da caçamba interna




Ensaio de isolamento principal




VERIFICAÇÃO DO SISTEMA DE ALARME

| Estado geral | Bom | | Ruim | | Não existe | | Ver observ. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

VERIFICAÇÃO DO MICROAMPERÍMETRO

| Estado geral | Bom | | para calibrar | | Não existe | | Ver observ. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

OBSERVAÇÕES

| Liberado | | Liberado com restrições | | Não Liberado | |
|---|---|---|---|---|---|
| Parecer do engº responsável | | | | | |
| | | | Visto | | Data |

## 17.11. CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS

As condições em que se realizam um ensaio, é um dado importante para a análise dos resultados. Ensaios feitos em condições diferentes darão valores diferentes. Sobretudo os resultados de verificações de isolamento que são bastante afetados pelas condições ambientais, que são:

- Temperatura ambiente:

A temperatura ambiente deve ser medida à sombra colocando-se o termômetro em lugar adequado, longe de corpos que irradiam calor. O termômetro não deve ser colocado no solo, devendo ser mantido a uma certa altura, no mínimo 1,5 metros.

- Umidade relativa do ar:

Alguns cuidados devem ser tomados para a medição da umidade relativa do ar:

- o higrômetro deve ser colocado à sombra num lugar adequado não muito próximo ao equipamento a ser ensaiado e ser mantido à uma certa altura do solo, no mínimo 1,5 metros.
- Não se deve fazer os ensaios de isolamento quando a umidade relativa do ar for superior a 70%.

## 18. ANEXOS

### 18.1. FOTOGRAFIAS DA MONTAGEM DE ARRANJOS DE ENSAIOS

Figura 78: Vista geral do arranjo de ensaio para mangas isolantes para o uso de esferas metálicas

Figura 79: Montagem do revestimento externo da manga, com um pedaço de punho de manga inutilizada

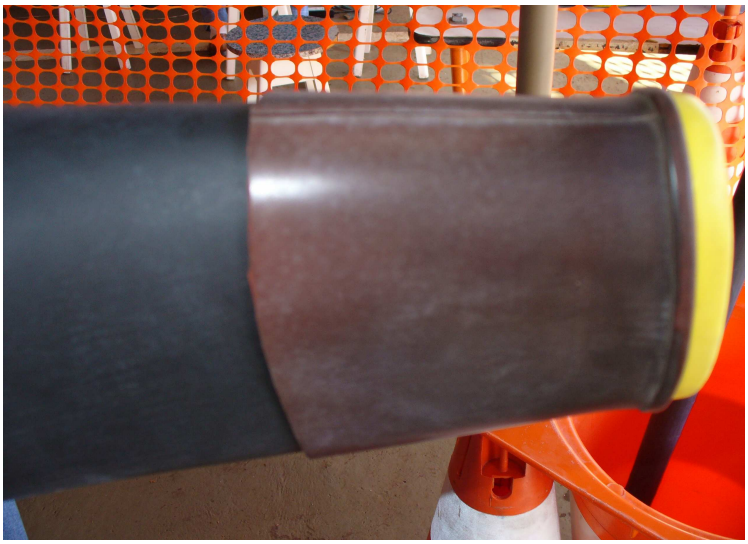


Figura 80: Revestimento externo colocado sobre o punho da manga a ser ensaiada

Figura 81: Revestimento interno sendo colocado no punho da manga a ser ensaiada

Figura 82: Revestimento interno sendo colocado no punho da manga a ser ensaiada

Figura 83: Revestimento interno colocado no punho da manga a ser ensaiada

Figura 84: Revestimento interno colocado no punho da manga a ser ensaiada juntamente com o tampão. O tampão não deve esforçar mecanicamente o punho da manga

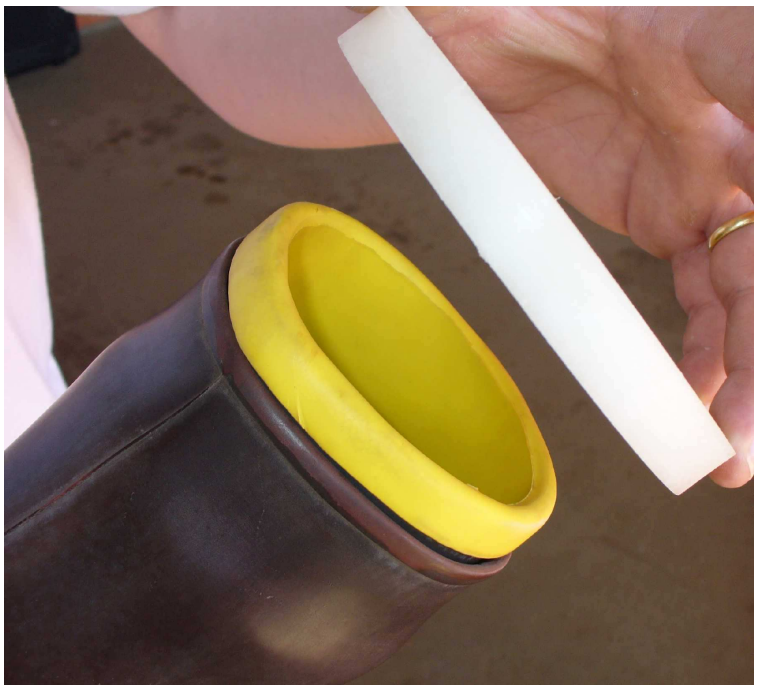


Figura 85: Anel de teflon, tecnil ou polirpopileno sendo colocado externamente no punho

Figura 86: Anel de teflon, tecnil ou polirpopileno  colocado externamente no punho

Figura 87: Conjunto montado sendo colocado no recipiente de ensaio

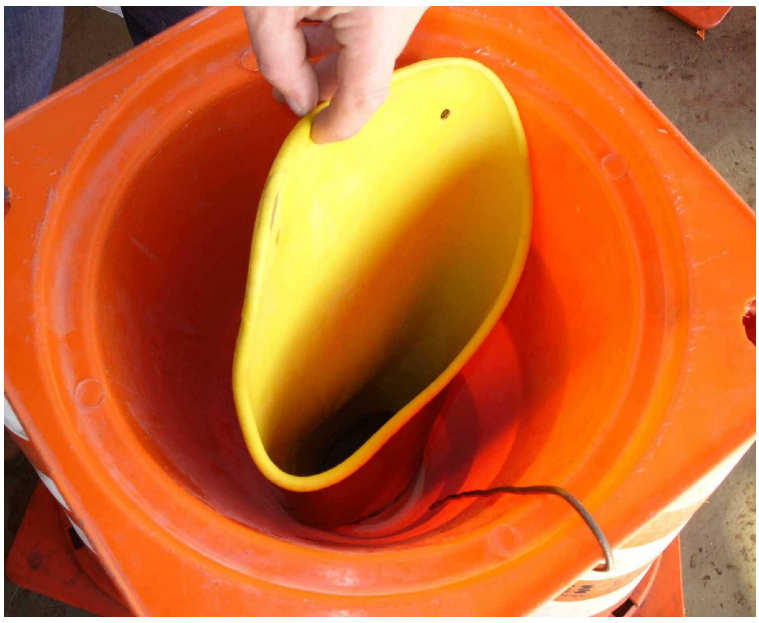


Figura 88: Conjunto montado no recipiente de ensaio

Figura 89: Conjunto montado no recipiente de ensaio

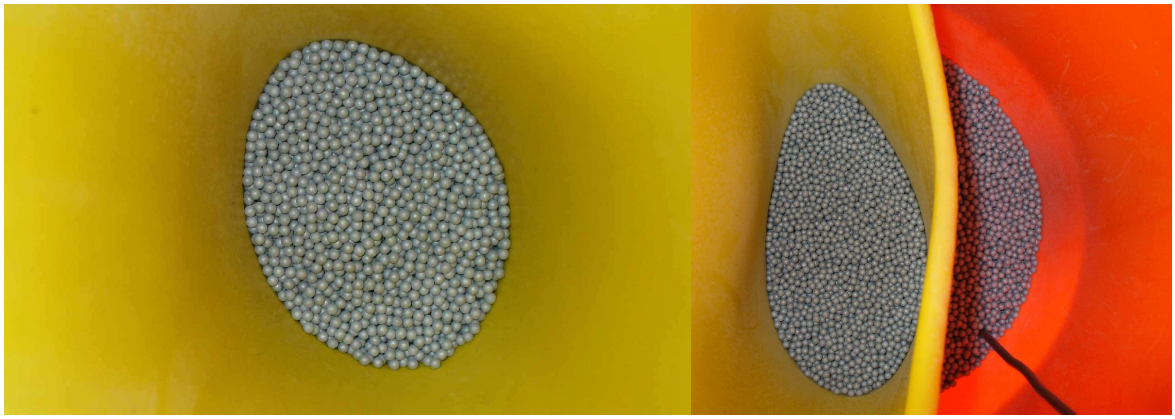


Figura 90: As esferas de alumínio colocadas primeiramente na parte interna do conjunto, observado que entre o revestimento interno e a manga não podem ter vazios e esferas, o mesmo ocorrendo na parte externa

Figura 91: Conjunto montado e pronto para a realização do ensaio

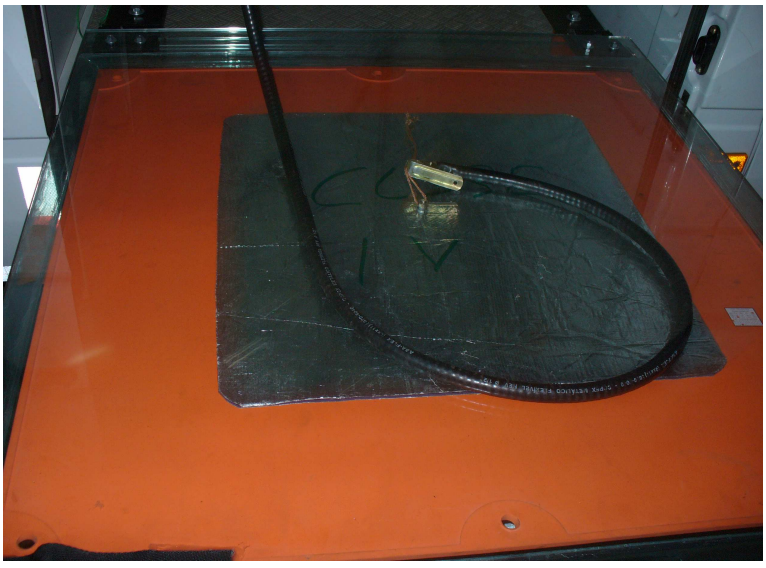


Figura 92: Conjunto universal para ensaio em lençóis isolantes, confeccionado em placas de vidro temperado. Neste arranja, deve-se montar as máscaras para ensaio juntamente com os eletrodos específicos para cada tipo de lençol a ser ensaiado

Figura 93: Arranjo para a realização de ensaio de tensão aplicada em cordas isolantes, estropos, catracas

Figura 94: Vista da manivela usada para bobinar a corda isolante em passos no ensaio de tensão aplicada

Figura 95: Fita metálica de cobre sendo enrolada na vara de manobra para atual como eletrodo de terra

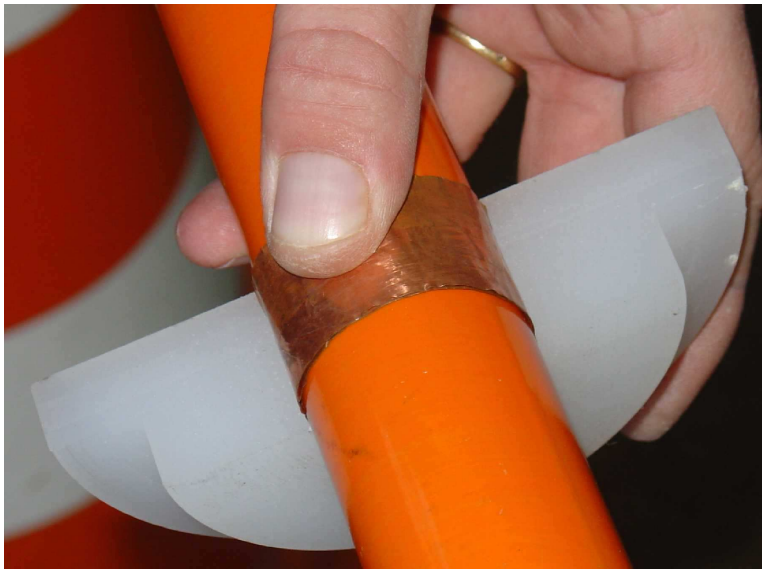


Figura 96: Sistema de isolamento bipartido do eletrodo de guarda sendo colocado sobre a fita metálica de cobre

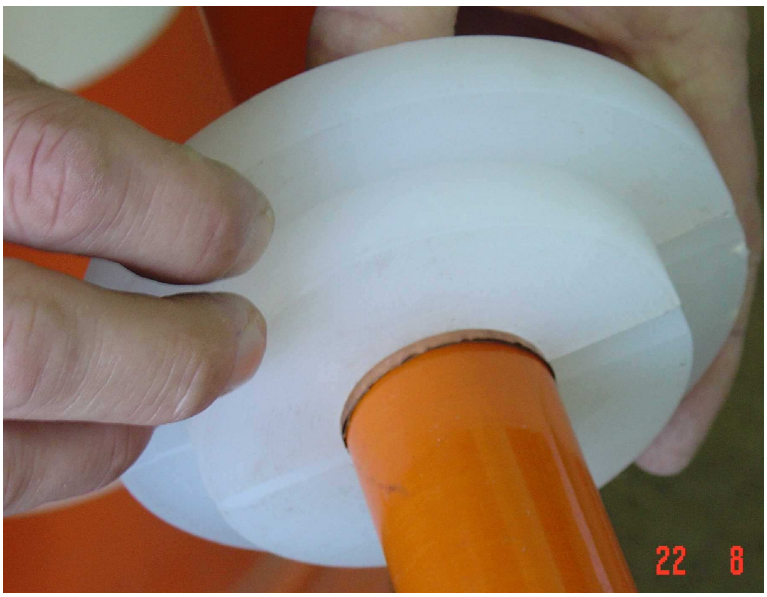



Figura 97: Isolamento bipartido montado sobre a fita metálica

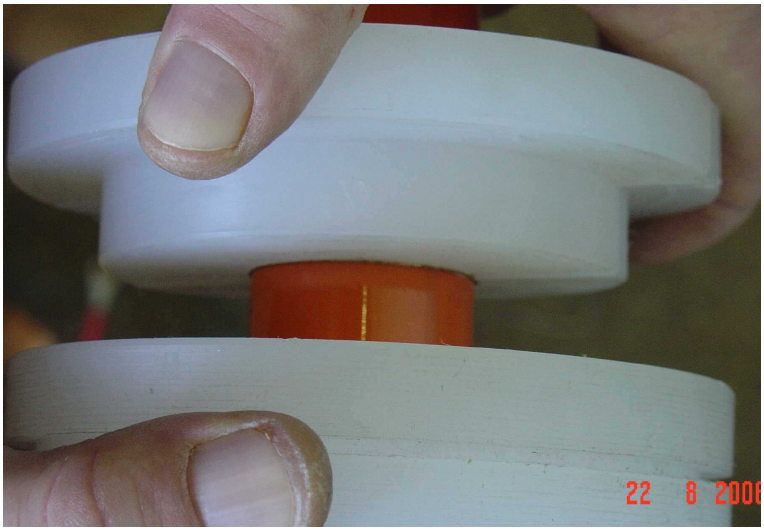



Figura 98: Encaixe e fechamento do sistema de isolamento do anel de guarda

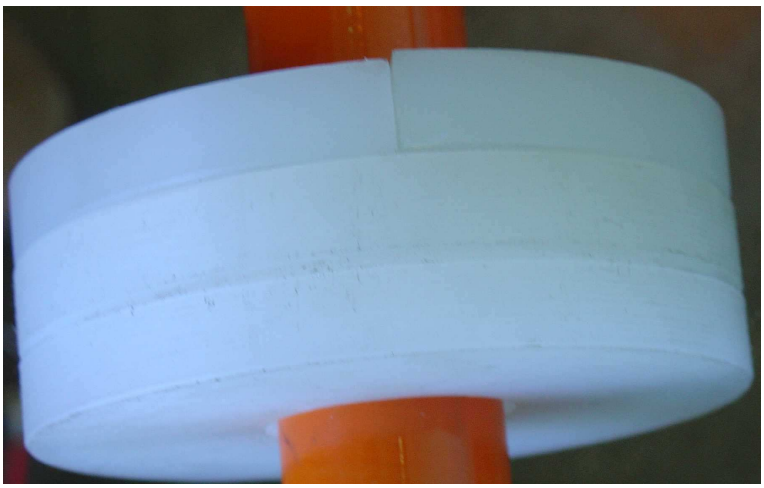


Figura 99: Encaixe e fechamento do sistema de isolamento do anel de guarda montado

Figura 100: Anel de guarda sendo montado sobre o sistema de isolamento

Figura 101: Conjunto montado sobre a vara de manobra

Figura 102: Arranjo para ensaio em varas de manobra. Neste arranjo se realizam os ensaios de tensão aplicada e medida da corrente elétrica de fuga

Figura 103: Cobertura sólida inutilizada sendo preparada para a confecção de eletrodo externode cobertura de condutor.

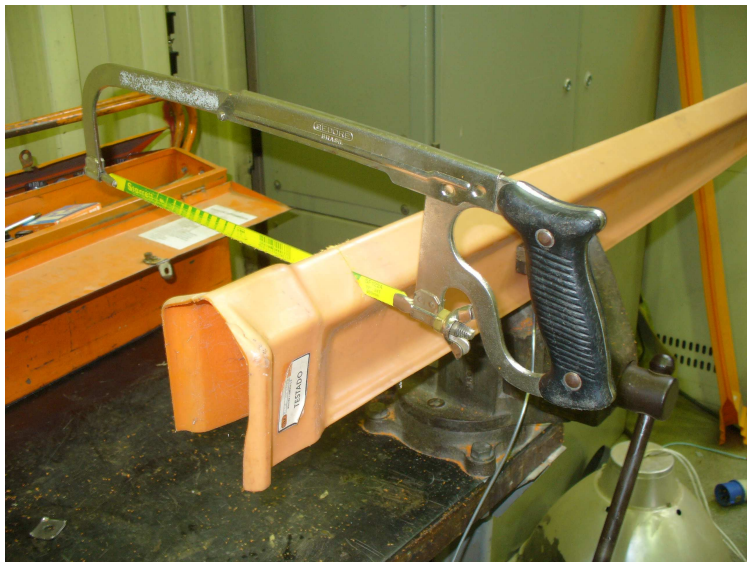


Figura 104: Corte da duas extremidades da cobertura.

Figura 105: Cobertura com as duas extremidades cortadas.

Figura 106: Retirada da parte inferior da cobertura.

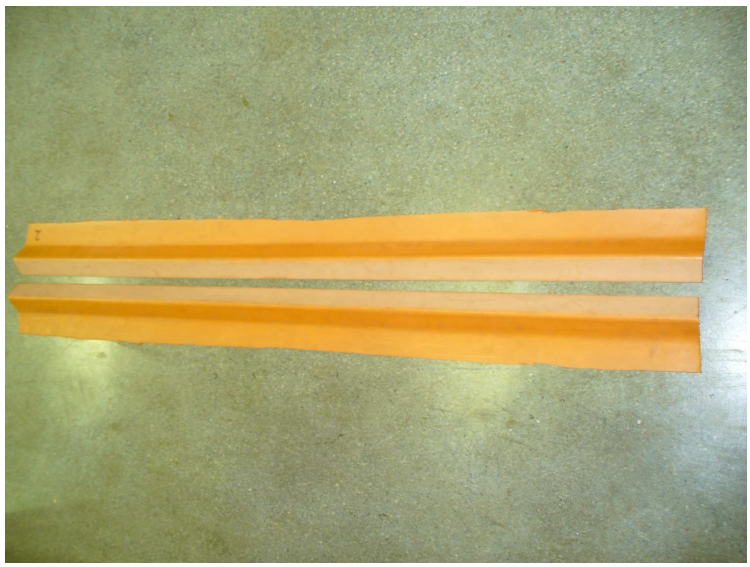


Figura 107: Cobertura já bipartida pronta para receber a cola e camada de borracha.

Figura 108: Cobertura já revestida com a camada de borracha e pronta para receber a cola e eletrodo de folha de alumínio.

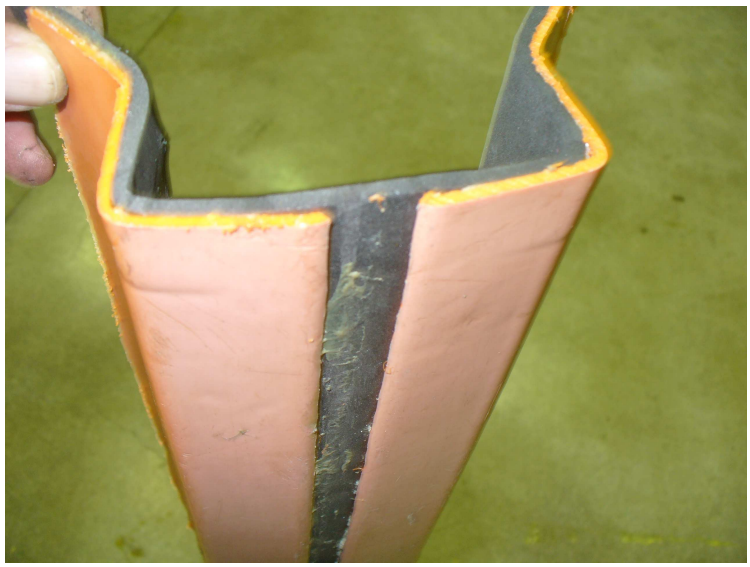


Figura 109: Vista da figura 108 de outro ângulo.

Figura 110: Vista da cobertura após receber o eletrodo de alumínio.

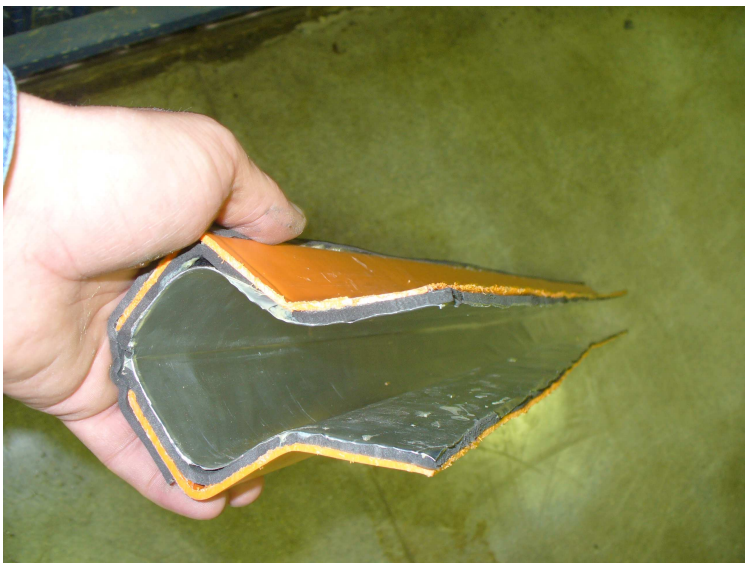


Figura 111: Eletrodo externo para ensaio em cobertura rígida de condutor pronto.

## 18.2. FICHA CONTROLE DE EQUIPAMENTOS EM TESTE

O impresso sugerido para registro e acompanhamento de valores de ensaios é dado a seguir. Cada impresso deve ter dados referentes a um único tipo de ferramenta isolado de linha viva.

| COPEL | | FICHA CONTROLE DE EQUIPAMENTO EM TESTE - FCT | | | | | | Ficha nº |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Nome do equipamento | | | | | | local |
| CÓDIGO DO EQUIPAMENTO | MD ou ME | RESULTADO DOS TESTES | | | | | | Obs. |
| | | TESTE ELÉTRICO | | | | | | |
| | | DATA | TENSÃO APLICADA (Kv) | APROVADO If (mA) | REPROVADO If (mA) | PERFUROU S ou N | PRÓXIMO TESTE | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Preenchimento sugerido:

**FICHA nº** - Número de ordem para manutenção de um fichário.

**NOME DO EQUIPAMENTO** – Conforme este MIT, ou que caracteriza a ferramenta de linha viva.

**LOCAL** – Local sede da ferramenta de LV.

**CÓDIGO DO EQUIPAMENTO** – nº série de fabricação, fabricante, ou dado que identifique a ferramenta de linha viva.

**MD ou ME** – Refere-se as mangas e luvas (mão direita e mão esquerda).

**DATA** – dia, mês e ano da execução do ensaio.

**TENSÃO APLICADA (kV**) – valor máximo aplicado.

**APROVADO/REPROVADO** – Assinalar se aprovado ou reprovado, registrando o valor da corrente de fuga (If), se for o caso**.**

**PERFUROU S ou N** – Se perfurou no ensaio, sim ou não.

**PRÓXIMO TESTE** – A critério de quem avaliar o ensaio, estabelecer a data para o próximo teste (providenciar para que o próximo teste ocorra na data citada).

**OBSERVAÇÕES** – nº de registro do funcionário que executou o ensaio.

## 18.3. FERRAMENTAS, EQUIPAMENTOS E UNIFORME DE USO INDIVIDUAL

**FERRAMENTAS, EQUIPAMENTOS E UNIFORME DE USO INDIVIDUAL DE ELETRICISTA DE MANUTENÇÃO LINHA VIVA DE REDES DISTRIBUIÇÃO 13.8 E 34.5 KV**

| Ítem | Código | Descrição da ferramenta ou equipamento | Quant. Minima |
|---|---|---|---|
| 1 | 7388152 | Alicate prendedor com lâmina deslizante (bomba d' água) de 305 mm de comprimento | 1 |
| 2 | 4200705 | Alicate universal de 200 mm, cobertura isolada | 1 |
| 3 | 159646 | Aterramento tipo sela | 1 |
| 4 | 4202015 | Balde de lona para içar materiais | 1 |
| 5 | 4203119 | Bolsa de lona para proteção de luva de borracha dupla | 2 |
| 6 | | Calça de brim | 4 |
| 7 | | Conjunto Impermeável | 1 |
| 8 | | Camisa de brim ou camiseta de algodão, manga comprida | 4 |
| 9 | 4203100 | Canivete de 80 mm | 1 |
| 10 | | Carretilha com freio | 1 |
| 11 | 1020528 | Capacete de aba frontal, tipo II -classe B | 1 |
| 12 | | Calça p/ operador de moto-serra * | 1 |
| 13 | 4224809 | Chave estrela de 17 x 19 mm | 1 |
| 14 | 4203992 | Chave de Fenda 100 x 3,5 mm | 1 |
| 15 | 4203976 | Chave de fenda 150 x 8 mm | 1 |
| 16 | 4204255 | Chave inglesa 23 mm | 1 |
| 17 | 4203950 | Chave inglesa 34 mm | 1 |
| 18 | | Cinturão de segurança com talabarte e trava de segurança e equipamento anti-queda | 1 |
| 19 | | Coturno de seg | 1 |
| 20 | 8901813 | Cunha para abertura de cabo multiplexado | 1 |
| 21 | 7122365 | Escova Plana p/ limpeza de cabo | 1 |
| | 4206614 | Espora com correia para poste duploT (par) | 1 |
| 22 | 4206606 | Espora com correia para poste duploT (par) | 1 |
| 23 | | Luva de borracha para AT classe 2 | 1 |
| 24 | | Luva de borracha para BT classe 0 | 1 |
| 25 | | Luva de segurança couro | 2 |
| 26 | | Luva de pelica - Vaqueta (par) | 1 |
| 27 | CD | Marreta 500 g com cabo | 1 |
| 28 | | Meia bota | 2 |
| 29 | 4214684 | Óculos de segurança lente clara linha viva UVEX STD | 1 |
| 30 | 4214676 | Óculos de segurança lente escura linha viva UVEX STD | 1 |
| 31 | 4215060 | Pasta para Ferramentas | 1 |
| 32 | 6923410 | Protetor auricular tipo concha | 1 |
| 33 | 111805 | Serra corta galho com bainha | 1 |
| 34 | 170186 | Protetor solar | 1 |
| 35 | | Touca Árabe | 1 |
| 36 | 6992714 | Talco anti-séptico Tl | 1 |

## 18.4. FERRAMENTAS, EQUIPAMENTOS E UNIFORME DE USO COLETIVO

**FERRAMENTAS, EQUIPAMENTOS E UNIFORME DE USO COLETIVO DE ELETRICISTA DE MANUTENÇÃO LINHA VIVA DE REDES DISTRIBUIÇÃO 13.8 E 34.5 KV**

| Ítem | Código | Descrição da ferramenta ou equipamento | Quant. Minima |
|---|---|---|---|
| 1 | 124257 | Álcool Isopropílico | 2 |
| 2 | 101982 | Alicate compressão hidráulica 12 t manual ou veicular | 1 |
| 3 | 4203305 | Alicate compressão mecânica 4 t | 1 |
| 4 | 4200705 | Alicate Universal | 1 |
| 5 | 7391463 | Alicate Volt Amperimetro 1000 V 800 A | 1 |
| 6 | 8900523 | Alicate, corte cabo tipo catraca Max = 44 mm | 2 |
| 7 | 157694 | Arco de serra 300 mm com lamina / Ritz Ref. Ritz M4455-23 | 1 |
| 8 | 4202023 | Bainha para facão | 1 |
| 9 | 4202015 | Balde de lona para içar materiais | 1 |
| 10 | 4230066 | Bandeja para ferramenta | 1 |
| 11 | 4230078 | Banqueta isolada / pé fixo Ref. Ritz RCI 755 | 1 |
| 12 | 4233437 | Bastão de aterramento para BT com capa | 2 |
| 13 | 4230175 | Bastão de tração com espiral 32x700 | 3 |
| 14 | 165697 | Bastão de tração com rolete Ref. Ritz H4714-4 | 3 |
| 15 | 165603 | Bastão de tração com torniquete 32 x 1335 Ñ tem cat.Ritz | 2 |
| 16 | 165719 | Bastão garra 38 x 3210 mm Ref. Ritz H4645-10 | 2 |
| 17 | 163490 | Bastão LV pega-tudo, 32 x 1350 mm C403 - 0291 s/v s/c | 1 |
| 18 | 7216386 | Bastão LV pega-tudo, 32 x 3190 mm | 1 |
| 19 | 4230361 | Bastão universal 32x2550 mm | 1 |
| 20 | | Bay-pass rigido Classe 4 * | 3 |
| 21 | 4230396 | Botão para manga de borracha / de Rosca NTC 817220 | 12 |
| 22 | 4219260 | Cabeçote (arpão) para operar chave fusível c/ terminal universal | 1 |
| 23 | 4230400 | Cabeçote olhal com isolador Ref. Ritz C400-0562 | 1 |
| 24 | 163260 | Cabo 35 mm2 isolado para 15KV/200A (metros) NTC 817130 | 30 |
| 25 | 163279 | Cabo 70 mm2 isolado para 15KV/300A (metros) NTC 817134 | 20 |
| 26 | 4203160 | Carretilha c/ gancho p/ içar material | 2 |
| 27 | 4230477 | Chave catraca | 1 |
| 28 | 7387822 | Chave de boca 24 x 26 mm | 1 |
| 29 | 4203992 | Chave de fenda 100 x 3,5 mm | 1 |
| 30 | 4203976 | Chave de fenda 150 x 8 mm | 1 |
| 31 | 4203984 | Chave de fenda 200 x 6 mm | 1 |
| 32 | 166308 | Chave estrela com catraca 12 x 13 mm ( P/RSI ) | 1 |
| 33 | 166316 | Chave estrela com catraca 17 x 19 mm | 1 |
| 34 | 166294 | Chave estrela com catraca de 10 x 11mm ( P/ RSI ) | 1 |
| 35 | 4224809 | Chave estrela de 17 x 19 mm | 1 |
| 36 | 4204255 | Chave inglesa 23 mm | 1 |
| 37 | 4203950 | Chave inglesa 34 mm | 1 |
| 38 | 4230515 | Cinta 64 mm para mão francesa M 1728-5 | 2 |
| 39 | 8902968 | Cinta de nylon tipo eslinga - 1200 mm por 2000 Kgf | 2 |
| 40 | 143600 | Cobertura circular 100x600 rigida classe 2 ( P/ JUMPER RDC ) | 3 |
| 41 | 143618 | Cobertura circular 100 x 900 mm – classe 2 (rígida) M4936 - 36 | 3 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 42 | 162663 | Cobertura circular 150x300 rigida classe 2 NTC 817158 | 6 |
| 43 | 162671 | Cobertura circular 150x600 rigida classe 2 NTC 817160 | 12 |
| 44 | 143669 | Cobertura para chave (borracha), classe 2 ( Tipo envelope ) | 3 |
| 45 | 165611 | Cobertura para chave faca ( rígida ) | 3 |
| 46 | 4230574 | Cobertura para condutor (borracha) classe 2 | 9 |
| 47 | 4230604 | Cobertura para condutor (borracha) classe 4 * | 6 |
| 48 | 4230604 | Cobertura para condutor rigida classe 4 * NTC 817154 | 9 |
| 49 | 143561 | Cobertura para condutor XLPE 185 mm RDC (rígida) classe 2 | 6 |
| 50 | 164887 | Cobertura protetora do tipo curta para cruzeta NTC 817170 | 2 |
| 51 | 143499 | Cobertura para espaçador losangular (rígida) classe 2 | 2 |
| 52 | 143510 | Cobertura para isolador pilar e polimérico classe 2 (rígida) FLV11051 | 3 |
| 53 | 4230795 | Cobertura para poste 305 x 1200 mm – classe 4 (rígida) | 3 |
| 54 | 4230779 | Cobertura para poste 230 x 1800 mm – classe 4 (rígida) M4937-6 | 2 |
| 55 | 162698 | Cobertura para poste 230 x 600 mm – classe 4 NTC 817164 | 6 |
| 56 | 4230795 | Cobertura para poste 300 x 1200 mm – classe 4 (rígida)C406-0030 | 2 |
| 57 | 143588 | Cobertura para suporte C RDC (rígida) classe 2 | 1 |
| 58 | 143570 | Cobertura para suporte horizontal RDC (rígida) classe 2 | 1 |
| 59 | 4230566 | Cobertura rigida para condutor classe 2 NTC 817152 | 12 |
| 60 | 4232925 | Colar 64 mm para mão francesa s/v Rerf. RITZ M4741-3 | 1 |
| 61 | 4204719 | Cone de 750 mm de altura ou placa para sinalização | 12 |
| 62 | 159646 | Conjunto de aterramento p/AT c/haste mínima de 1,20 m com capa | 2 |
| 63 | 4230914 | Corda de poliester 12 mm (Corda de serviço e carretilha ) | 90 |
| 64 | 4230957 | Corda de polipropileno 12 mm ( Moitão ) 100 Kgf | 150 |
| 65 | 169650 | Corda poliamida p/ cobertura de LV 6 mm | 30 |
| 66 | 116700 | Corda polipropileno 10 mm ( moitanzinho ) 400 KGf | 90 |
| 67 | CD | Cruzeta auxiliar com chaves polimerica 24.5 KV | 1 |
| 68 | 4230906 | Cruzeta auxiliar sem mastro 64 x 2410 mm | 1 |
| 69 | 158224 | Descascador de cabo rede compacta 185 mm 34,5 KV * | 1 |
| 70 | 157180 | Descascador de cabos, meio cabo D=12,7 - 63,5 mm REGULÁVEL | 1 |
| 71 | 157147 | Descascador de cabos, ponta cabo 4 X 16 - 35 - 120 - 185 mm2 | 1 |
| 72 | 4205430 | Detetor de AT/BT com luz e som | 1 |
| 73 | 4206053 | Escada de madeira singela de madeira 3,70 m | 1 |
| 74 | 4206711 | Escada extencivel 4 x 6,80 mt | 1 |
| 75 | 7122365 | Escova de aço plana p/ limpeza de cabo | 2 |
| 76 | 7122357 | Escova de aço tipo V | 2 |
| 77 | 7322356 | Esticador de cabo 4 a 3/0 AWG | 4 |
| 78 | 7322364 | Esticador de cabo 4/0 a 477 MCM | 4 |
| 79 | 161179 | Esticador de cordoalha de aço de 6 a 9 mm | 2 |
| 80 | CD | Estojo de primeiros socorros ( área de seg. definir ) | 1 |
| 81 | 4231104 | Estribo para mão francesa C 400-0331 | 2 |
| 82 | 7216815 | Estropo de nylon 500 mm – 450 kgf | 4 |
| 83 | 7216823 | Estropo de nylon 800 mm – 450 kgf | 3 |
| 84 | 4231163 | Extensão de cruzeta s/ presilha 64x1710 mm H4800-72 | 1 |
| 85 | 1450115 | Facão com lâmina de 460 mm e bainha | 1 |
| 86 | 163953 | Ferramenta conector cunha KRON | 1 |
| 87 | CD | Fita para sinalização de área ( Rolo ) | 1 |
| 88 | 4231236 | Fixador de protetor de polietileno | 4 |
| 89 | CD | Foice com cabo de 900 mm | 1 |
| 90 | 4219317 | Gancho para corda | 2 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 91 | CD | Garrafa termica 05 Lts | 2 |
| 92 | 4231317 | Grampo de torção Isolada para “by-pass” | 12 |
| 93 | 4231333 | Grampo de torção para “by-pass” | 6 |
| 94 | 4231350 | Içador isolado com cabeçote giratório | 1 |
| 95 | CD | Inflador de luvas * | 1 |
| 96 | 4231384 | isolador suporte M 4805 - 7 | 3 |
| 97 | 4231414 | Jogo de chave soquete longo de 10 a 32 mm compreto | 1 |
| 98 | 111619 | Jogo gabarito de zinco pintura de letra 50 mm | 1 |
| 99 | 111597 | Jogo gabarito de zinco pintura de número 50 mm | 1 |
| 100 | 165590 | Jumper, chave fusível; provisório; 35 mm2; Classe 2 - ( Conjunto = 03 ) | 1 |
| 101 | 165743 | Lanterna portátil 12 V Recaregavel | 1 |
| 102 | 162566 | Lençol c/ entalhe classe 4 * 900 x 900mm | 3 |
| 103 | 4231490 | Lençol isolante com entalhe 900 x 900 mm classe 2 | 3 |
| 104 | 4231511 | Lençol isolante sem entalhe 900 x 900 mm classe 2 | 2 |
| 105 | 4211154 | Lençol para BT 900 x 700 mm classe 0 | 4 |
| 106 | 162574 | Lençol s/ entalhe classe 4 * NTC 817122 | 2 |
| 107 | 143642 | Lençol, jumper classe 2 NTC 81711'2 | 2 |
| 108 | 111708 | Lima chata tipo bastarda | 1 |
| 109 | 111686 | Lima mursa ( para material específico ) | 1 |
| 110 | 171190 | Lima redonda tipo bastarda de 305 mm | 1 |
| 111 | 7387741 | Lona 4 mts X 3 mts verde ( encerado ) | 1 |
| 112 | 4211081 | Luva isolante de borracha classe 2 tamanho 8 NTC 817268 | 4 |
| 113 | 162752 | Luva isolante de borracha classe 2 tamanho 8 1/2 NTC 817270 | 4 |
| 114 | 4211090 | Luva isolante de borracha classe 2 tamanho 9 NTC 817272 | 4 |
| 115 | 162760 | Luva isolante de borracha classe 2 tamanho 9 1/2 NTC 817274 | 4 |
| 116 | 4211103 | Luva isolante de borracha classe 2 tamanho 10 NTC 817276 | 4 |
| 117 | 162779 | Luva isolante de borracha classe 2 tamanho 10 1/2 NTC 817278 | 4 |
| 118 | 158089 | Luva isolante de borracha classe 2 tamanho 11 NTC 817280 | 4 |
| 119 | 162787 | Luva isolante de borracha classe 2 tamanho 11 1/2 NTC 817282 | 4 |
| 120 | 4211120 | Luva isolante de borracha classe 2 tamanho 12 NTC 817284 | 4 |
| 121 | 158127 | Luva isolante de borracha classe 4 tamanho 9 NTC 817290 | 4 |
| 122 | 162817 | Luva isolante de borracha classe 4 tamanho 9 1/2 NTC 817292 | 4 |
| 123 | 4214102 | Luva isolante de borracha classe 4 tamanho 10 NTC 817294 | 4 |
| 124 | 162825 | Luva isolante de borracha classe 4 tamanho 10 1/2 NTC 817296 | 4 |
| 125 | 158119 | Luva isolante de borracha classe 4 tamanho 11 NTC 817298 | 4 |
| 126 | 4210085 | Luva Protetora da Luva de Borracha tamanho 8 NTC 817180 | 6 |
| 127 | 4210093 | Luva Protetora da Luva de Borracha tamanho 9 NTC 817182 | 6 |
| 128 | 4210107 | Luva Protetora da Luva de Borracha tamanho 10 NTC 817184 | 6 |
| 129 | 4210115 | Luva Protetora da Luva de Borracha tamanho 11 NTC 817186 | 6 |
| 130 | 4210123 | Luva Protetora da Luva de Borracha tamanho 12 NTC 817188 | 6 |
| 131 | 158135 | Manga isolante de borracha classe 2 - regular NTC 817230 | 3 |
| 132 | 165891 | Manga isolante de borracha classe 2 - large NTC 817231 | 3 |
| 133 | 165905 | Manga isolante de borracha classe 2 - extra large NTC 817235 | 3 |
| 134 | 158143 | Manga isolante de borracha classe 4 - regular NTC 817232 | 3 |
| 135 | 165913 | Manga isolante de borracha classe 4 - large NTC 817233 | 3 |
| 136 | 165913 | Manga isolante de borracha classe 4 - extra large NTC 817234 | 3 |
| 137 | 8903204 | Matriz c. hidráulica 12 t - corte de cabo e vergalhão | 1 |
| 138 | 4213467 | Matriz c. hidráulica 12 t - índice 166 (Litoral) | 1 |
| 139 | 7387628 | Matriz c. hidráulica 12 t - índice 169 (Litoral) | 1 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 140 | 7387601 | Matriz c. hidráulica 12 t - índice 242 (RDR) | 1 |
| 141 | 7137699 | Matriz c. hidráulica 12 t - índice 245 (RDU e RDR) | 1 |
| 142 | 7236387 | Matriz c. hidráulica 12 t - índice 248 (RDR) | 1 |
| 143 | 7387598 | Matriz c. hidráulica 12 t - índice 249 (RDU, RDR e Litoral) | 1 |
| 144 | 4214170 | Matriz c. hidráulica 12 t - índice 317 (RDU) | 1 |
| 145 | 7250851 | Matriz c. hidráulica 12 t - índice 321 (RDU) | 1 |
| 146 | 8903603 | Matriz c. mecânica 4 t - corte de cabo | 1 |
| 147 | 4213017 | Matriz c. mecânica 4 t - índice 161 (Litoral) | 1 |
| 148 | 4213025 | Matriz c. mecânica 4 t - índice 162 (RDU e RDR) | 1 |
| 149 | 4213033 | Matriz c. mecânica 4 t - índice 163 (RDU, RDR e Litoral) | 1 |
| 150 | 4213050 | Matriz c. mecânica 4 t - índice 165 (Litoral) | 1 |
| 151 | 4213068 | Matriz c. mecânica 4 t - índice 166 (Litoral) | 1 |
| 152 | 4213084 | Matriz c. mecânica 4 t - índice 236 (RDR) | 1 |
| 153 | 4213092 | Matriz c. mecânica 4 t - índice 237 RDU RDR (Litoral) | 1 |
| 154 | 4213149 | Matriz c. mecânica 4 t - índice 242 | 1 |
| 155 | 4213157 | Matriz c. mecânica 4 t - índice 243 (RDU e RDR) | 1 |
| 156 | 4213165 | Matriz c. mecânica 4 t - índice 245 | 1 |
| 157 | 4213181 | Matriz c. mecânica 4 t - índice 248 | 1 |
| 158 | 4213173 | Matriz c. mecânica 4 t - índice 249 | 1 |
| 159 | CD | Medidor de isolamento Meghometro * | 1 |
| 160 | CD | Medidor de resistência de terra com acessórios * | 1 |
| 161 | 4231678 | Moitão duplo sem corda - 400 daN | 2 |
| 162 | 4231686 | Moitão triplo sem corda - 1000 daN | 2 |
| 163 | 990439-5 | Moto - poda | 1 |
| 164 | 738660-5 | Moto-serra 0,25 c/sabre de 30 e 40cm | 1 |
| 165 | 4231848 | Par , extensão c/ resistor 48 KV | 1 |
| 166 | 4231708 | Parafuso sela para poste duplo T | 2 |
| 167 | CD | Pincel para pintura | 1 |
| 168 | 4214706 | Placa de alerta 20 x 30 cm : "Atenção - Não opere este equipamento" | 2 |
| 169 | 4231732 | Pregador manual de cobertura NTC817216 | 12 |
| 170 | 4231759 | Presilha de elevação com roldanas | 3 |
| 171 | 4231775 | Presilha de suspensão sem isolador | 3 |
| 172 | 4232186 | Presilia Suporte p/ manga (Suspensório para manga) NTC 817222 | 6 |
| 173 | 4231791 | Protetor de lona para lençóis | 2 |
| 174 | 4231813 | Protetor de polietileno para caçamba 50kV | 2 |
| 175 | 2097001 | Reservátorio p/ colocar combustivel moto-serra ( Metálico ) - 05 Lts | 1 |
| 176 | 7257732 | Sacola de lona de vinyl para acondicionamento da vara de manobra | 1 |
| 177 | 4231953 | Sacola para manga de borracha | 3 |
| 178 | 4233158 | Sela para amarração de corda M1846W | 1 |
| 179 | 135771 | Serra para corte de galhos adaptável em vara de manobra | 2 |
| 180 | 4232127 | Silicone líquido | 1 |
| 181 | 4232143 | Suporte isolado para "by-pass" Classe 4 Descanso p/ Bay-passe) | 3 |
| 182 | 4232160 | Suporte para condutor com fixação em cruzeta C 400 0517 | 2 |
| 183 | 6992714 | Talco Anti-séptico - Lt. | 1 |
| 184 | 7234716 | Talha Catraca portátil para 750 kgf com cabo de aço ou corrente | 1 |
| 185 | 4232208 | Talha com tirante de nylon - 1000 kgf | 2 |
| 186 | 165581 | Talha com tirante de nylon - 2000 kgf | 2 |
| 187 | 4232275 | Tensor isolado classe 4 - 150 mm C 400 0574 s/v s/c | 3 |
| 188 | 4232305 | Terminal para "by-pass" com cabo 35mm2 | 12 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 189 | 157988 | Terminal para "by-pass" com cabo 70mm2 | 12 |
| 190 | 8905592 | Tesourão para corte de cabo de aço L=460 mm | 1 |
| 191 | 4218159 | Tesourão para corte de cabo de aço L=760 mm | 1 |
| 192 | 4232380 | Testador de bastões ligação 110/220 V * | 1 |
| 193 | 4232402 | Testador de de fases AT até 16 KV completo | 1 |
| 194 | CD | Trado ou arco de pua 5/8" | 1 |
| 195 | 111627 | Trena de aço ou escala métrica 2 m | 1 |
| 196 | 4218299 | Trena de fibra de vidro 50 m | 1 |
| 197 | 116580 | Vara de manobra com encaixe universal ou telescopia | 1 |

## 18.5. DIAGRAMA ELÉTRICO PARA ENSAIO COM AQUISIÇÃO AUTOMÁTICA DE DADOS

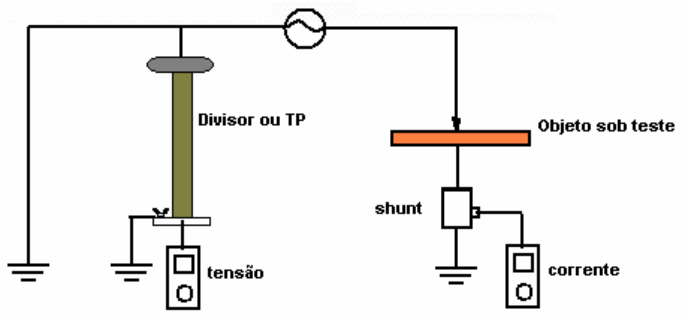



Diagrama do circuito elétrico para medição de tensão aplicada sobre a amostra e corrente elétrica de fuga.

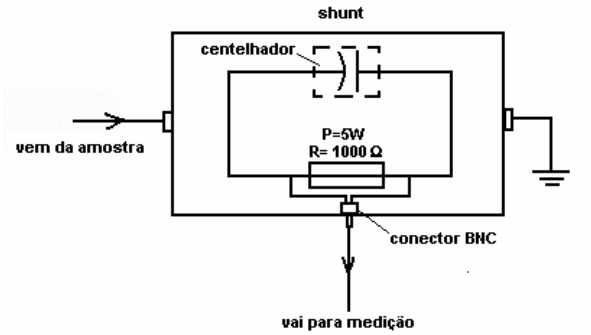



Diagrama elétrico do shunt para leitura da corrente elétrica de fuga.

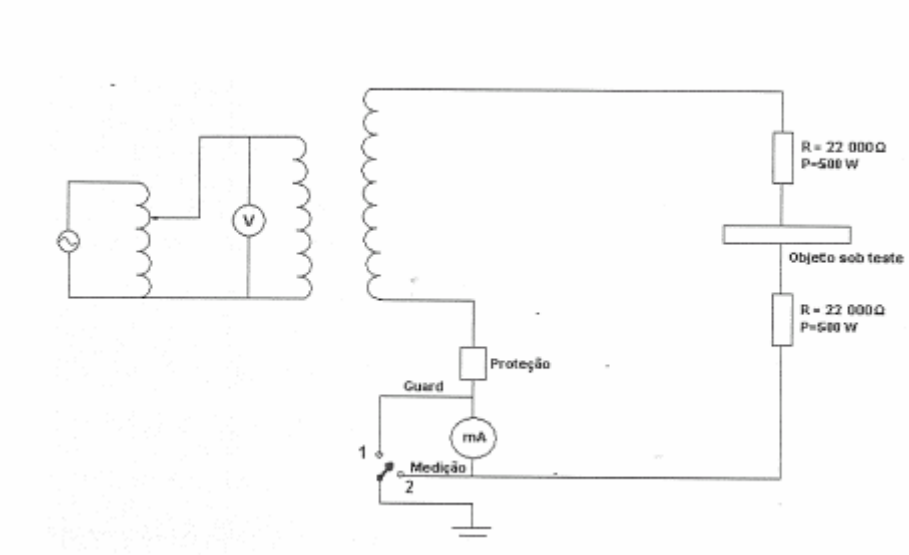



Diagrama elétrico para ensaio em ferramentas de linha viva onde a aquisição de dados é realizada de forma automática.

## 18.6. REFÊRENCIAS


[1] NBR 122 Luvas de segurança
[2] NBR 14540 Bastão e escada isolantes e ferragens para trabalho em instalação energizada - Transmissão
[3] NBR 10622 Luvas isolantes de borracha
[4] NBR 10624 Luvas isolantes de borracha - Dimensões
[5] NBR 10623 Mangas isolantes de borracha
[6] NBR 11854 Bastão isolante para trabalho em redes energizadas de distribuição
[7] NBR 5720 Coberturas sólidas
[8] NBR11855 Plataforma isolante para trabalho em redes energizadas de distribuição
[9] NBR11856 Ferramentas e acessórios para trabalhos em redes energizadas de distribuição
[10] NBR13018 Corda para trabalho em instalação energizada - Transmissão
[11] NBR14540 Bastão e escada isolantes e ferragens para trabalho em instalação energizada – Transmissão
[12] NBR 12576 Calçado de proteção-Determinação da resistência do solado à passagem da corrente elétrica.
[13] ASTM D 1049-93, Specification for Rubber Insulating Covers.
[14] ASTM D 1050-90, Specification for Rubber Insulating Line Hose.
[15] ASTM D 1051-87, Specification for Rubber Insulating Sleeves.
[16] ASTM F 478-92, Specification for In-Service Care of Insulating Line Hose and Covers.
[17] ASTM F 479-93, Specification for In-Service Care of Insulating Blankets.
[18] ASTM F 496-93B, Specification for In-Service Care of Insulating Gloves and Sleeves.
[19] ASTM F 711-89, Specification for Fiberglass-Reinforced Plastic (FRP) Rod and Tube Used in Live Line Tools.
[20] ASTM F 712-88, Test Methods for Electrically Insulating Plastic Guard Equipment for Protection of Workers.
[21] ASTM F 819-83a (1988), Definitions of Terms Relating to Electrical Protective Equipment for Workers.
[22] ASTM F 855-90, Specifications for Temporary Grounding Systems to Be Used on De-Energized Electric Power Lines and Equipment.
[23] ASTM F 887-91a, Specifications for Personal Climbing Equipment.
[24] ASTM F 914-91, Test Method for Acoustic Emission for Insulated Aerial Personnel Devices.
[25] ASTM F 968-93, Specification for Electrically Insulating Plastic Guard Equipment for Protection of Workers.
[26] ASTM F 1116-88, Test Method for Determining Dielectric Strength of Overshoe Footwear.
[27] ASTM F 1117-87, Specification for Dielectric Overshoe Footwear.
[28] ASTM F 1236-89, Guide for Visual Inspection of Electrical Protective Rubber Products.
[29] ASTM F 1505-94, Standard Specification for Insulated and Insulating Hand Tools.
[30] ASTM F 1506-94, Standard Performance Specification for Textile Materials for Wearing Apparel for Use by Electrical Workers Exposed to Momentary Electric Arc and Related Thermal Hazards.IEEE Std. 62-1978,
[31] IEEE Guide for Field Testing Power Apparatus Insulation.IEEE Std. 524-1992,

[32] IEEE Guide to the Installation of Overhead Transmission Line Conductors.IEEE Std. 1048-1990

[33] IEEE Guide for Protective Grounding of Power Lines.IEEE Std. 1067-1990,

[34] IEEE Guide for the In-Service Use, Care, Maintenance, and Testing of Conductive Clothing for Use on Voltages up to 765 kV AC.[59 FR 4437, Jan. 31, 1994; 59 FR 33658, June 30, 1994; 59 FR 40729, Aug. 9, 1994]

[35] Kowalski,E.L. et al. Ensaios em ferramentas para manutençao em linha viva. II Congreso Internacional sobre "Trabajos con Tensión y Seguridad en Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica", Rosario, Provincia de Santa Fe, República Argentina, 5 al 8 de Abril de 2005.

[36] Oliveira, S. M. Estudo da Interatividade de Cargas de Látex para uso em material de linha viva. Dissertação. Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, CEFET-PR, 2004.

[37] Hoffmann, W. Rubber Technology Handbook. New York: Hanser Publishers, 1989.

[38] Dissado, L.A.; Fothergill, J.C. Electrical Degradation and Breakdown in Polymers. London: Peter Peregrinus, 1992.

[40] Ribeiro. H.N.S ; Kowalski. E.L e René Robert. Avaliação da Qualidade de Luvas Isolantes de Borracha Natural Através de Medidas de Corrente de Fuga. Evinci 2004.

[41] Coimbra.O; Kowalski.E.L e René Robert. Estudo dos Mecanismos de Condução na Borracha Natural Através do Breakdown. Evinci 2004.

[42] Mueller.S; Kowalski.E.L e René Robert. Estudo da Cinética de Migração de Cargas à Superfície da Borracha Natural Vulcanizada a Diferentes Temperaturas e Tempos de Vulcanização, Através de Medida da Resistividade Superficial e Volumétrica. EVINCI 2003.

[43] Kowalski E. L and René Robert. Study of Electrical Conduction Mechanisms of the Natural Rubber through Isothermal Current Depolarization's ISEIM 2005.

[44] Kowalski E. L and René Robert. Natural Rubber Electrical Conduction Mechanism under High and Low Electrical Field. ISEIM 2005.

[45] Kowalski, E.L.; de Oliveira, S.M.; de Souza, G.P.; Tomioka, J.; Moares e Silva, J.M.; Ruvolo-Filho, A.; Robert, R.; Dielectric spectroscopy on natural rubber flatted [46] E.L.Kowalski et al. Novo Método Proposto para Ensaios em Mangas Isolantes- Revista Espaço Energia vol 2 - 2005.

[47] Kowalski E. L and René Robert. Electrical Conduction Mechanisms of the Natural Rubber through Isothermal Current Depolarization's ISE 2005.

[48] Kowalski E. L and René Robert. Natural Rubber Electrical Conduction Mechanism. ISE 2005.

[49] ABNT NBR 14631/2000 Cestas aéreas isoladas-Especificações e ensaios

## 18.7. PARTICIPANTES DA ELABORAÇÃO DESTE MANUAL

| NOME | | LOTAÇÃO |
|---|---|---|
| Ademar Osvaldo Borges | - | COPEL/SED |
| Vando Garcia Gonçalves | - | COPEL/SDN |
| Eduardo Otto Filho | - | COPEL/SED |
| Anselmo Pombeiro | - | COPEL/SDL |
| José Carlos Tosin | - | COPEL/SDL |
| Edemir Luiz Kowalski | - | LACTEC |
| José Arinos Teixeira Júnior | - | LACTEC |
| Carlos Yoshikazu Nakaguishi | - | LACTEC |
| Marcelo Antônio Ravaglio | - | LACTEC |